
VE RI
TAS

NOBELSTIFTELSEN

— THE NOBEL FOUNDATION —

CODE OF STATUTES

GIVEN AT THE R. PALACE IN STOCKHOLM

ON THE 29TH JUNE 1900

STOCKHOLM
KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER
1901

CODE OF STATUTES

OF THE

NOBEL FOUNDATION.

GIVEN AT THE PALACE IN STOCKHOLM,
ON THE 29TH DAY OF JUNE IN THE YEAR 1900.

OBJECTS OF THE FOUNDATION.

§ 1.

The NOBEL Foundation is based upon the last Will and Testament of Dr. ALFRED BERNHARD NOBEL, Engineer, which was drawn up on the 27th day of November 1895. The paragraph of the Will bearing upon this topic is worded thus:

"With the residue of my convertible estate I hereby direct my Executors to proceed as follows: They shall convert my said residue of property into money, which they shall then invest in safe securities; the capital thus secured shall constitute a fund, the interest accruing from which shall be annually awarded in prizes to those persons who shall have contributed most materially to benefit mankind during the year immediately preceding. The said interest shall be divided into five equal amounts, to be apportioned as follows: one share to the person who shall have made the most important discovery or invention in the domain of Physics; one share to the person who shall have made the most important Chemical discovery or improvement; one share to the person who shall have made the most important discovery in the domain of Physiology or Medicine; one share to the person who shall have produced in the field of Literature the most distinguished work of an idealistic tendency; and, finally, one share to the person who shall have most or best promoted the Fraternity of Nations and the Abolishment or Diminution of Standing Armies and the Formation and Increase of Peace-Congresses. The prizes for Physics and Chemistry shall be awarded by the Swedish Academy of Science (Svenska Vetenskapsakademien) in Stockholm; the one for Physiology or Medicine by the Caroline Medical Institute (Karolinska institutet) in Stockholm; the prize for Literature by the Academy in Stockholm (i. e. Svenska Akademien) and that for Peace by a Committee of five persons to be elected by the Norwegian Storting. I declare it to be my express desire that, in the awarding of prizes, no consideration whatever be paid to the nationality of

the candidates, that is to say, that the most deserving be awarded the prize, whether of Scandinavian origin or not."

The instructions of the Will as above set forth shall serve as a criterion for the administration of the Foundation, in conjunction with the elucidations and further stipulations contained in this Code and also in a deed of adjustment of interests amicably entered into with certain of the testator's heirs on the 5th day of June 1898, wherein subsequent upon the arriving at an agreement with reference to a minor portion of the property left by Dr. NOBEL, they do affirm and declare, that: "By these presents we do acknowledge and accept Dr. NOBEL'S Will, and entirely and under all circumstances relinquish every claim for ourselves and our posterity to the late Dr. NOBEL'S remaining property, and to all participation in the administration of the same, and also to the possession of any right on our part to urge any criticism upon the elucidations of, or additions to, the said Will, or upon any other prescriptions with regard to the carrying out of the Will or the uses to which the means accruing from the bequest are put, which may either now or at some future time be imposed for observance by the Crown or by those who are thereto entitled;

Subject, nevertheless, to the following express provisoes:

a) That the Code of Statutes which is to serve in common as a guide for all the corporations appointed to award prizes, and is to determine the manner and the conditions of the distribution of prizes appointed in the said Will, shall be drawn up in consultation with a representative nominated by Robert Nobel's family, and shall be submitted to the consideration of the King;

b) That deviations from the following leading principles shall not occur, viz.:

That each of the annual prizes founded by the said Will shall be awarded at least once during each ensuing five-year period, the first of the periods to run from and with the year next following that in which the Nobel-Foundation comes into force, and

That every amount so distributed in prizes in each section shall under no consideration be less than sixty (60) per cent of that portion of the annual interest that shall be available for the award, nor shall the amount be apportioned to more than a maximum of three (3) prizes."

§ 2.

By the "Academy in Stockholm", as mentioned in the Will, is understood the Swedish Academy — Svenska Akademien.

The term "Literature", used in the Will, shall be understood to embrace not only works falling under the category of Polite Literature, but also other writings which may claim to possess literary value by reason of their form or their mode of exposition.

The proviso in the Will to the effect that for the prize-competition only such works or inventions shall be eligible as have appeared "during the preceding year", is to be so understood, that a work or an invention for which a reward under the terms of the Will is contemplated, shall set forth the most modern results of work being done in that of the departments, as defined in the Will, to which it belongs; works or inventions of older standing to be taken into consideration only in case their importance have not previously been demonstrated.

§ 3.

Every written work, to qualify for a prize, shall have appeared in print.

§ 4.

The amount allotted to one prize may be divided equally between two works submitted, should each of such works be deemed to merit a prize.

In cases where two or more persons shall have executed a work in conjunction, and that work be awarded a prize, such prize shall be presented to them jointly.

The work of any person since deceased cannot be submitted for award; should, however, the death of the individual in question have occurred subsequent to a recommendation having been made in due course for his work to receive a prize, such prize may be awarded.

It shall fall to the lot of each corporation entitled to adjudicate prizes, to determine whether the prize or prizes they have to award might likewise be granted to some institution or society.

§ 5.

No work shall have a prize awarded to it unless it have been proved by the test of experience or by the examination of experts to possess the preeminent excellence that is manifestly signified by the terms of the Will.

If it be deemed that not one of the works under examination attains to the standard of excellence above referred to, the sum allotted for the prize or prizes shall be withheld until the ensuing year. Should it even then be found impossible, on the same grounds, to make any award, the amount in question shall be added to the main fund, unless three fourths of those engaged in making the award determine that it shall be set aside to form a special fund for that one of the five sections, as defined by the Will, for which the amount was originally intended. The proceeds of any and every such fund may be employed, subject to the approval of the adjudicators, to promote the objects which the testator ultimately had in view in making his bequest, in other ways than by means of prizes.

Every special fund shall be administered in conjunction with the main fund.

§ 6.

For each of the four sections in which a *Swedish* corporation is charged with adjudicating the prizes, that corporation shall appoint a Committee — their Nobel-Committee — of three or five members, to make suggestions with reference to the award. The preliminary investigation necessary for the awarding of prizes in the Peace-section shall be conducted by the Committee of the Norwegian Storting, as laid down in the Will.

To be qualified for election on a Nobel-Committee it is not essential either to be a Swedish subject or to be a member of the corporation that has to make the award. On the Norwegian Committee persons of other nationalities than Norwegian may have seats.

Members of a Nobel-Committee may receive reasonable compensation for the labour devolving upon them as such, the amount to be determined by the corporation that appoints them.

In special cases, where it shall be deemed necessary, the adjudicating corporation shall have the right of appointing a specialist to take part in the deliberations and decisions of a Nobel-Committee, in the capacity of a member of the same.

§ 7.

It is essential that every candidate for a prize under the terms of the Will be proposed as such in writing by some duly qualified person. A direct application for a prize will not be taken into consideration.

The qualification entitling a person to propose another for the receipt of a prize consists in being a representative, whether Swedish or otherwise, of the domain of Science, Literature &c in question, in accordance with the detailed stipulations obtainable from the corporations charged with adjudicating the prizes.

At each annual adjudication those proposals shall be considered that have been handed in during the twelve months preceding the 1st day of February.

§ 8.

The grounds upon which the proposal of any candidate's name is made must be stated in writing and handed in along with such papers and other documents as may be therein referred to.

Should the proposal be written in a language other than those of the Scandinavian group, or than English, French, German or Latin, or should the adjudicators, in order to arrive at a decision upon the merits of a work proposed, be under the necessity of obtaining information as to the contents chiefly from a work written in a language, for the understanding of which there is no expedient save such as involves a great expenditure of trouble or money, it shall not be obligatory for the adjudicators to pay further consideration to the proposal.

§ 9.

On Founder's Day, the 10th of December, the anniversary of the death of the testator, the adjudicators shall ~~make known the results of their award and shall~~ hand over to the winners of prizes a cheque for the amount of the same, together with a diploma and a medal in gold bearing the testator's effigy and a suitable legend.

It shall be incumbent on a prize-winner, wherever feasible, to give a lecture on the subject treated of in the work to which the prize has been awarded; such lecture to take place within six months of the Founder's Day at which the prize was won, and to be given at Stockholm or, in the case of the Peace prize, at Christiania.

§ 10.

Against the decision of the adjudicators in making their award no protest can be lodged. If differences of opinion have occurred they shall not appear in the minutes of the proceedings, nor be in any other way made public.

§ 11.

As an assistance in the investigations necessary for making their award, and for the promotion in other ways of the aims of the Foundation, the adjudicators shall possess powers to establish scientific institutions and other organizations.

The institutions &c so established, and belonging to the Foundation, shall be known under the name of Nobel-Institutes.

§ 12.

Each of the Nobel-Institutes shall be under the control of that adjudicating corporation that has established it.

As regards its external management and its finances a Nobel-Institute shall have an independent status. Its property is not, however, on that account available for defraying the expenses of any establishments belonging to an adjudicating or any other corporation. Nor is it permissible for any scholar who is in receipt of a fixed salary as an official of a Swedish Nobel-Institute to occupy a similar position at any other institution at the same time, unless the King be pleased to permit it in a special case.

So far as the adjudicators of prizes deem it to be feasible, the Nobel-Institutes shall be established on one common site and shall be organised uniformly.

The adjudicating corporations are at liberty to appoint foreigners, either men or women, to posts at the Nobel-Institutes.

§ 13.

From that portion of the income derived from the main fund that it falls to the lot of each of the five Sections annually to distribute, one fourth of the amount shall be deducted before the distribution is made. The immediate expenses connected with the award having been discharged, the remainder of the amount deducted as above directed shall be employed to meet the expenses of the Section in maintaining its Nobel-Institute. The money which is not absorbed in thus defraying the current expenditure for the year, shall form a reserve fund for the future needs of the Institute.

THE ADMINISTRATION OF THE FOUNDATION.

§ 14.

The Nobel-Foundation shall be represented by a Board of Control, located in Stockholm. The Board shall consist of five members, one of whom, the President, shall be appointed by the King, and the others by the delegates of the adjudicating corporations. The Board shall elect from their own members a Managing Director.

For the member of the Board whom the King appoints one substitute shall be chosen, and for the other members two substitutes.

Those members of the Board who are elected by the delegates of the adjudicators, and also their substitutes, shall be appointed to hold office for two years, commencing from the 1st day of May.

§ 15.

The Board shall administer the funds of the Foundation as well as the other property, real and otherwise, belonging to it, in so far as such is common to all the sections.

It shall be a function of the Board to hand over to the winners of prizes in accordance with the rules of the Foundation, the prizes so won, and besides, to attend to the payment of all duly authorised expenses connected with the prize-distribution, the Nobel-Institutes and similar objects. It shall further be incumbent on the Board to be of assistance, in matters that are not of a scientific character, to all those who have to do with the Foundation, where help be required.

The Board shall be empowered to engage the services of a lawyer to summon or prosecute a person or to defend a case on its behalf if need arise, and, in general, to act as the legal representative of the Foundation. The Board shall be entitled to engage the assistants who may be necessary for the proper discharge of its duties, and also to fix the terms, both as regards salary and pension, on which such assistants shall be remunerated.

§ 16.

The adjudicating corporations shall appoint fifteen delegates, for two civil years at a time; of these delegates the Academy of Science shall choose six and each of the other bodies three. To provide against inconvenience from the disability of a delegate to serve at any time, the Academy of Science shall appoint four substitutes, and each of the other bodies two.

The delegates shall elect one of their number to act as chairman. That election shall be held at a meeting to which the oldest of the delegates chosen by the Academy of Science shall summon his fellow-delegates.

A minimum of nine delegates shall constitute a quorum. If any of the adjudicating corporations neglect to choose delegates, that shall not prevent the other delegates from arriving at a decision on the business before them.

Should a delegate reside at any place other than that where the meeting of delegates takes place, he shall be entitled to receive reasonable compensation for the expense to which he shall have been put in attending the meeting, such compensation to be paid from the general funds of the Foundation.

§ 17.

The administration and accounts of the Board shall be controlled once every civil year by five auditors, of whom each of the adjudicating corporations shall elect one and the King appoint the fifth; this last shall act as chairman at their sittings.

Before the expiration of February every year a report concerning the administration of the Board shall be handed in to the chairman of the Auditing Committee, which in its turn shall bring in its report before the first day of April to the delegates of the adjudicating corporations.

In the Auditors' Report, which must be published in the public newspapers, there shall appear a summary of the objects to which the proceeds of the several funds have been applied.

If any of the adjudicating corporations neglects to elect an auditor, or if any auditor fails to appear after having been summoned to a sitting of the Auditing Committee, the other auditors shall not be thereby prevented from pursuing their task of auditing.

§ 18.

The auditors shall at all times have access to all the books, accounts and other documents of the Foundation; nor shall any information they may demand concerning the management be withheld by the Board. All the deeds and securities belonging to the Foundation shall be examined and verified at least once a year by the auditors.

The Minister of Public Education and Worship, either in person or by appointed deputy, shall also have the right of access to all the documents belonging to the Foundation.

§ 19.

On the basis of the Auditors' Report the delegates of the adjudicators shall determine whether the Board shall be held absolved from their responsibility or not, and shall take those measures against the Board or any member of it for which call may arise. If no case be brought up within a year and a day of the date when the report of the Board was handed in to the auditors, the exoneration of the Board shall be held to have been granted.

§ 20.

The King shall determine the salary of the managing director, and also the amount of remuneration that shall be given to the other members of the Board and to the auditors.

Further instructions as to the management of the Foundation not contained in this Code shall be issued by the King in special by-laws.

§ 21.

One tenth part of the annual income derived from the main fund shall be added to the capital. To the same fund shall be also added the interest accruing from the sums set aside for prizes, while they remain undistributed or have not been carried over to the main or other (special) fund, as directed in § 5.

ALTERATIONS IN THE CODE.

§ 22.

A proposition to modify these statutes may be made by any of the adjudicating corporations, by their delegates, or by the Board. Upon any such

proposition being brought forward by the adjudicators or by the Board, the delegates shall be required to express an opinion relative to it.

The adjudicators and the Board shall have to come to a decision on any proposal made, the Academy of Science having two votes and the other corporations one each. If there are not at least four votes in favour of a proposition, or if that corporation whose rights and authority the change proposed affects has not given its assent, the proposition shall be regarded as rejected. In the contrary case the proposition shall be submitted by the Board to the King for his consideration.

The omission on the part of any of those who are notified in due course of a proposed change, to send in any communication within four months of the receipt of the said notification, shall not prevent a decision being arrived at.

TEMPORARY REGULATIONS.

1. Directly the Code of Statutes of the Foundation shall have been ratified by the King, the adjudicators shall appoint the prescribed number of delegates to act until the close of the year 1901; they shall be summoned to meet together in Stockholm at the earliest date possible, for the purpose of electing the members of the Board of Control of the Foundation.

In determining the period of service of those members of the Board who are first appointed, the following points are to be observed: firstly, that to the time of service laid down by the statutes, which commences on 1st May 1901, the time between the date of the election and the day named must be added, and secondly, that two members of the Board shall be chosen by lot to go off again one year afterwards (on May 1).

2. The Board of Control of the Foundation shall assume the management of the property of the Foundation at the commencement of the year 1901; subject to the proviso, however, that the testator's executors shall be at liberty to continue, during the progress of the year, to take those measures which may still be necessary for the completion of the winding up of the estate, so far as they find needful.

3. The first distribution of prizes shall take place, if feasible, in 1901, and that in all five sections.

4. From the property possessed by the Foundation there shall be deducted:

a. A sum of 300,000 kronor (about £ 16,556) for each of the five sections, 1,500,000 kronor in all, to be used, along with the interest accruing therefrom after the first of January 1900, as need arises, for defraying the running expenses of organising the Nobel-Institutes, and

b. The sum which the Board, after consultation with the delegates, may deem necessary for procuring a building of its own, to embrace offices for the transaction of business and a large hall for Founder's-day celebrations.

The adjudicators shall be empowered to set aside the 300,000 kronor and interest thereon, mentioned above, or any portion of the same, on behalf of the special funds of the different sections.

To all which Each and Every One, whom it may concern, hath to pay dutiful and obedient heed. To the further certainty whereof WE have hereby attached OUR own signature and royal seal.

At the Palace in Stockholm, on this the 29th day of June 1900.

OSCAR.

(L. S.)

Nils Claëson.

STATUTES,

TOGETHER WITH

SPECIAL REGULATIONS,

CONCERNING

THE DISTRIBUTION ETC. OF PRIZES FROM THE NOBEL FOUNDATION

BY

THE ROYAL ACADEMY OF SCIENCE IN STOCKHOLM.

GIVEN BY

HIS GRACIOUS MAJESTY, OSCAR II, KING OF SWEDEN AND NORWAY, AT THE PALACE IN STOCKHOLM, ON THE 29TH DAY OF JUNE 1900.

PRIZE DISTRIBUTION.

§ 1.

The right to hand in the name of a candidate for a prize, as directed in § 7 of the Code of Statutes of the Nobel-Foundation, shall belong to:

1. Home and foreign members of the Royal Academy of Science in Stockholm.
2. Members of the Nobel-Committees of the Physical and Chemical Sections as defined in the Code.
3. Scientists who have received a Nobel-prize from the Academy of Science.
4. Professors, whether in ordinary or associate, of the Physical and Chemical Sciences at the Universities of Upsala, Lund, Christiania, Copenhagen and Helsingfors, at the Caroline Medico-Chirurgical Institute and the Royal Technical College in Stockholm, and also those teachers of the same subjects who are on the permanent staff of the Stockholm University College.
5. Holders of similar chairs at other universities or university colleges, to the number of at least six, to be selected by the Academy of Science in the way most appropriate for the just representation of the various countries and their respective seats of learning.
6. Other Scientists whom the Academy of Science may see fit to select.

A determination as to the choice to be made of teachers and scientists, in accordance with sections 5 and 6 above, shall be arrived at before the close of each September.

§ 2.

For each of the Physical and Chemical Sections the Nobel-Committee, as prescribed in § 6 of the Code, shall consist of five members, four of them being chosen by the Academy and the fifth being the president of the corresponding section of the Nobel-Institute, as mentioned in § 14 below.

The election shall be for a space of four civil years. A member going off by rotation shall be eligible for reelection.

If a member retires or dies before his period expires, another person shall be elected to serve for the remainder of the period.

§ 3.

Previous to the election of a member of the Nobel-Committee, a list of proposed names shall be drawn up by the 4th Class in the Academy if the election be to the Committee in Physics, and by the 5th Class if the election be to the Committee in Chemistry. These lists shall be handed in to the Academy not later than the close of November.

If either of the above Classes of the Academy so desires, they shall be empowered to associate any competent member of another Class with themselves in the task of drawing up the lists aforesaid.

§ 4.

The Academy shall select one of the members chosen to sit on a Nobel-Committee to be the chairman of the same, for the space of one year at a time. In case of absence on the part of the chairman, his place shall be taken for the sitting by the oldest among the members present.

When the two committees meet in joint conference the chair shall be taken by the older of the two chairmen.

§ 5.

No decision shall be arrived at by a Nobel-Committee, unless there be present a minimum of three out of the five members having seats on it, as directed in § 2 above.

Voting shall not be by ballot, but open. If the votes be equally divided, the chairman shall have a casting vote.

§ 6.

During the course of the month of September in each year the Nobel-Committees shall issue a circular to all those who are qualified, according to § 1 above, summoning them to make nominations of candidates for prizes before the first day of February in the following year; such nominations to be supported by evidence, documentary and otherwise.

§ 7.

Before the close of September every year the Nobel-Committee shall present to the Academy their opinion and proposals regarding the distribution of prizes.

That Class in the Academy which is therein concerned shall then express its views with regard to the proposals, before the expiration of the month of October at the latest. Should the Class in question deem it necessary to call in the services of some qualified member of any other Class, to aid in drawing up their report, they shall have authority to do so.

The final decision, devolving upon the Academy, shall be arrived at within the lapse of the first half of November next ensuing.

§ 8.

The proceedings, verdicts and proposals of the Nobel-Committees with reference to the prize-distribution shall not be published or in any other way be made known.

§ 9.

The amount of the remuneration that in conformity with § 6 in the Code is to be allotted to a member of a Nobel-Committee, shall be determined by the Academy, after it has heard the joint views of Classes 5 and 6.

The amount of remuneration to be accorded to any person who shall have been called in as an expert member of a Nobel-Committee, in pursuance of the stipulations of § 6 in the Code, shall be determined by the Academy, after it has heard the opinion of the Class which shall have called in such member.

§ 10.

To every member of the Academy who shall attend a meeting at which, in pursuance of § 7 (item 2 or 3), a Class in the Academy shall agree upon a final verdict or at which the Academy shall come to a decision in regard to the prize-award, a Nobel medal in gold shall be presented for each occasion.

§ 11.

All questions connected with the Nobel-Foundation shall be dealt with at special sittings of the Academy. The minutes made at those sittings shall not be preserved with those of the other sittings of the Academy. All expenses entailed by these special sittings shall be defrayed from the funds of the Nobel-Foundation.

THE NOBEL INSTITUTE.

§ 12.

The Nobel-Institute, which § 11 of the Code authorises the Academy of Science to establish, is to be so established primarily for the purpose of carrying out, where the respective Nobel-Committees shall deem requisite, scientific in-

vestigation as to the value of those discoveries in the domains of Physics and Chemistry, which shall have been proposed as meriting the award of a Nobel-prize to their authors.

The Institute shall, moreover, as far as its means allow, promote such researches in the domains of the sciences named, as promise to result in salient advantage.

§ 13.

The Nobel-Institute shall consist of two sections, one for Physical Research and one for Chemical Research.

The buildings required for these two sections shall be erected on contiguous sites, and rooms for the sittings of the Nobel-Committees as well as record-rooms, libraries &c shall be constructed for the two in common.

§ 14.

The Nobel-Institute shall be under the superintendence of an Inspector, appointed by the Crown.

As president of each of the two sections of the Nobel-Institute, the Academy of Science shall select, on the basis of recommendations from the Class in the Academy concerned, a scientist, either of Swedish or foreign extraction, who is possessed of an established reputation as an investigator and of a wide experience in, and grasp of, the branch of science which it is the function of the section to promote.

The presidents shall have the title of Professor.

The terms of appointment for the presidents shall be drawn up by the Academy on the basis of suggestions from the Class in the Academy concerned.

§ 15.

The president of a section shall devote the whole of his working-time to the concerns of that section. He shall exercise supervision over the officials and attendants in the service of the section, have charge of the buildings and collections belonging to it, and be held responsible in the last resort for the finances.

The president shall see to the carrying out of the work of investigation mentioned in § 12. In cases where such work falls within that department of research which the president has made his own, he shall be required to execute it himself.

The other regulations to which the president shall be subject shall be imparted to him in a special code of instructions drawn up by the Academy.

§ 16.

Whenever need shall arise for the calling in of a specialist to assist in the work of investigation, that Nobel-Committee which has the matter in hand, shall make application to the Academy for the purpose. The fee for such work shall be fixed in each case by the Academy on the basis of the Committee's own proposal, observance nevertheless being paid to the following paragraph — § 17.

§ 17.

In cases where the Academy, by the terms of the Code, does not hold the sole right to determine the amount of the remuneration to be accorded to any member of the Academy, the decision authorising such payments to be made shall be submitted to the Crown for consideration and sanction.

§ 18.

A joint secretary for the two sections of the Nobel-Institute shall be appointed by the Academy, the conditions of appointment to rest with that body. Names for the post shall be proposed by the two Nobel-Committees jointly. The secretary shall be required, in addition to his other duties, to keep the minutes at the sittings of the Nobel-Committees. A librarian shall also be appointed in the same manner. The position of librarian may be combined with that of secretary or assistant to the Institute.

Assistants, makers of instruments, porters and other officials required for the work of the Institute, shall be engaged and dismissed by that Nobel-Committee which employs them.

§ 19.

Permission for other persons than those who are on the scientific staff of the Institute to carry on research in its laboratories &c, may be granted by the Nobel-Committee interested, yet only provided the researches are directed towards determining the scientific conditions upon which some discovery or some invention may be evolved.

SPECIAL FUNDS.

§ 20.

As soon as any Special Funds shall have been formed, in accordance with § 5 in the Code, the Academy shall be entitled to distribute, out of the annual yield thereof, support for the furtherance, in directions the testator had ultimately in view in making his bequest, of any work in the domains of Physical and Chemical Science that may be judged to be of significance either in a scientific or a practical regard.

Assistance of that kind shall by preference be accorded to such persons as shall have already attained, by their labours in the sciences named, to results that promise in their further development to prove worthy of the support of the Nobel-Foundation.

Proposals for the awarding of assistance of the nature above indicated shall be made by the respective Nobel-Committees and submitted to the Academy; it shall then rest with that body to consult the opinion of the Class concerned and thereafter to determine on the case.

The income derived from the special funds may also be applied to the needs of the Nobel-Institute.

ALTERATION OF THE PRESENT STATUTES.

§ 21.

A proposition to alter the present statutes may be raised by any member of the Academy or of the Nobel-Committees. Before the Academy proceeds to deal with any proposition to that end, it shall first obtain an expression of opinion with regard to it from the two Nobel-Committees jointly, and subsequently from Classes 4 and 5 in the Academy jointly. Any proposed alteration that has been adopted by the Academy shall be submitted to the Crown for consideration and sanction.

TEMPORARY REGULATIONS.

On the occasion of the first election of members on the Nobel-Committees the Academy shall also appoint a pro tem. secretary for these Committees.

Until such time as presidents shall have been chosen or definitely appointed, there shall be a fifth member of each of the Nobel-Committees, chosen by the Academy. Those members shall retire on the appointment of presidents.

In determining the period of service of the other four members of each Committee to be first appointed, the following points are to be noted: that to the period stipulated for them to act must be added the time that elapses between the day of their election and the lst of January 1901; and further, that at the time of election lots shall be drawn to determine which of the members shall go off by rotation, as stipulated, at the close of the years 1901, 1902 and 1903.

The presidents of the sections of the Institute shall be appointed pro tem., directly after the Academy has decided that measures shall be taken for the establishment of the Institute.

The definite appointment to the permanent posts of both president and secretary shall not take place until the Institute shall have been equipped and be in working order.

Until the time when the Nobel-Institute shall be complete and have obtained its due organization, the Nobel-Committees shall resort to the opinions of experts in the several departments for such technical information as they may find themselves in need of for the purposes of the adjudicating of prizes, and they are empowered to have the experimental investigation and testing carried out at any institution, either home or foreign, that they may deem suitable. The fees to be paid in such cases shall be individually fixed by the Academy on the basis of a suggestion to be made by the Nobel-Committee concerned, with due observance, however, of the stipulations contained in § 17.

To all which Each and Every One, whom it may concern, hath to pay dutiful and obedient heed. To the further certainty whereof WE have hereby attached OUR own signature and royal seal.

At the Palace in Stockholm, on this the 29th day of June 1900.

OSCAR.

(L. S.)

Nils Claëson.

STATUTES,

TOGETHER WITH

SPECIAL REGULATIONS,

CONCERNING

THE DISTRIBUTION ETC. OF PRIZES FROM THE NOBEL-FOUNDATION

BY

THE CAROLINE MEDICO-CHIRURGICAL INSTITUTE IN STOCKHOLM.

GIVEN BY

HIS GRACIOUS MAJESTY, OSCAR II, KING OF SWEDEN AND NORWAY, AT THE PALACE IN STOCKHOLM, ON THE 29TH DAY OF JUNE 1900.

PRIZE DISTRIBUTION.

§ 1.

All questions connected with the prize-distribution shall be first dealt with by the Nobel-Committee for the Medical Section, constituted as prescribed in the Code, and shall be handed on by it to the Professorial Staff of the Caroline Institute for a final decision.

§ 2.

Three of the members of the Nobel-Committee shall be chosen by the professors at the Caroline Institute for a period of three civil years. Every year one of their number shall go off by rotation, a retiring member being, however, eligible for reelection.

The said professors shall appoint one of the three members chairman of the committee, and another vice-chairman.

The other members shall be appointed at times, and in the manner, stated below in § 6.

§ 3.

The Nobel-Committee cannot transact business unless at least half the members are present.

If the votes are equally divided the chairman shall exercise the casting vote.

§ 4.

Every year, during the month of September, the Nobel-Committee shall issue a circular to all those persons who are qualified, according to the stipulations given below, to make proposals of names for the receipt of prizes, requesting them to hand in such proposals before the expiration of the month of February next ensuing, together with the documentary evidence in support thereof.

§ 5.

The qualification requisite for the right to nominate candidates for the Nobel prize-competition shall be held to be possessed by:

1. Members of the Professorial Staff of the Caroline Institute.
2. Members of the Medical Class in the Royal Academy of Science.
3. Those persons who shall have received a Nobel-prize in the Medical-section.
4. Members of the Medical Faculties at the Universities of Upsala, Lund, Christiania, Copenhagen and Helsingfors.
5. Members of at least six other medical faculties, to be selected by the Staff of the Caroline Institute in the way most appropriate for the just representation of the various countries and their respective seats of learning.
6. Scientists whom the said Staff may see fit to select.

A determination as to the choice to be made of teachers and scientists, in accordance with sections 5 and 6 above, shall be made within the first half of the month of September, the initial proposal to emanate from the Nobel-Committee.

§ 6.

The nominations to the prize-competition that shall have been handed in by persons duly qualified, as above detailed, during the course of each year counting from Feb. 1 to Feb. 1, shall be first dealt with by the Nobel-Committee, which shall arrange them and hand them on, with the comments upon them it may see fit to make, to the Professorial Staff of the Caroline Institute within the first half of February.

The said Staff shall thereupon, in the first half of March, appoint two additional members on the Nobel-Committee for the remaining portion of the civil year.

The said Staff shall, moreover, be empowered to appoint one or more experts to take part as members in the deliberations and decisions of the Nobel-Committee, whenever it shall consider such a procedure necessary in any particular case.

§ 7.

The Nobel-Committee shall determine which of the works of those nominated shall be subjected to a special investigation, and shall undertake the doing of the same, being hereby empowered to employ the assistance needed.

The Nobel-Committee having handed in its decision within the month of April, the Staff of the Caroline Institute shall determine at its first sitting in

the month of May, whether the works of any others of those nominated shall also be made the subject of special examination.

The work of a nominee shall be rejected if it be not decided to have it specially examined.

§ 8.

The Nobel-Committee shall hand in its verdict and proposals for the prize-award to the Staff of the Caroline Institute within the month of September.

§ 9.

The said Professorial Staff shall then fix a day in the month of October upon which to proceed to decide finally upon the prize-award.

§ 10.

Members of the Nobel-Committee not on the Professorial Staff shall be entitled to take part in the deliberations upon the awarding of the prize, though without the right of voting.

With the above exception, only the regular members of the Staff shall be permitted to take part in the deliberations and voting upon the prize-award.

The voting on the award shall be by ballot. Where necessary, lots shall be drawn.

Every member of the Staff who is present at the final decision, and the secretary and the members of the Nobel-Committee, shall receive a gold medal specially struck for the occasion.

§ 11.

The Nobel-Committee is entitled to make requisition from the Board of Administration of the Caroline Institute for the assignment of means to defray its expenses. If the Board approves the requisition so made, it is entitled to debit the Nobel Foundation with the amount. Should the Board not sanction the requisition, or should it desire from other reasons so to do, it may refer the matter to the decision of the Professorial Staff of the Caroline Institute.

The assignment of sums to meet the other items of expenditure arising out of the prize-distribution shall be decided upon by the Staff of the Caroline Institute, after consultation with the Board of Administration of the Institute.

In cases where the Staff, by the terms of the Code, does not possess the sole right to remunerate one of its own members, its decision that such payment be made shall be submitted to the Crown for consideration and sanction.

The printed documents, which have been handed in with the nominations for the prize-competition or have been purchased for the assistance of the adjudicators, shall be preserved in the library of the Caroline Institute, without, however, any responsibility for the same devolving upon the public treasury.

Scientific instruments and other auxiliaries of like nature, procured to facilitate the labour of investigation as a necessary preliminary to the adjudication of prizes, shall be the property of the Nobel-Foundation. They shall be kept in such departments of the Caroline Institute as the Staff thereof shall appoint, without, however, any responsibility for them devolving upon the public

treasury; they shall, moreover, be used there until such time when they can be removed to a permanent home in the Medical Nobel-Institute that is to be established. An inventory of the above-mentioned belongings of the Nobel-Foundation shall be drawn up once every year and presented to the Board of Control, which shall have them under its charge.

THE MEDICAL NOBEL INSTITUTE.

§ 12.

The Medical Nobel-Institute, which shall be under the superintendence of the Chancellor of the Universities of the country, shall be established and organised by decree of the Staff of the Caroline Institute, when the said Staff shall deem that the necessary means for the purpose are available.

A proposition for the establishing of this Institute may be made by a member of either the Staff or the Nobel-Committee. The Nobel-Committee shall first deal with a proposition to that end, preparatory to its being submitted to the Professorial Staff of the Caroline Institute for approval.

Until this Nobel-Institute shall have entered upon its duties all particulars connected with its functions shall be submitted to the Crown for consideration and sanction.

THE SPECIAL FUND OF THE MEDICAL PRIZE-SECTION.

§ 13.

The proceeds of this fund shall be devoted to promoting research in medical science, in other ways than by prize-distribution, and to rendering the results of that research of practical use to mankind in directions in accord with what the testator ultimately had in view in making his bequest.

The revenue accruing from the fund shall not be appropriated for paying the salary of any official engaged at the Caroline Institute.

§ 14.

A proposition for the disposal of the proceeds of the fund may be made by a member either of the Staff of the Caroline Institute or of the Nobel-Committee.

The Staff shall debate and decide any such proposition after the Board of Administration of the Institute has expressed an opinion upon it.

§ 15.

If the amount derived from the fund in any one year be not disposed of, the Staff aforesaid shall determine whether it shall be added to the capital sum of the fund or reserved for use in following years.

TEMPORARY REGULATIONS.

In determining the period of service of those three members of the Nobel-Committee who shall be first appointed by the Staff, the following points shall be observed: to the time stipulated for service is to be added the time elapsing between the date of election and the 1st of Jan. 1901; and further, in conjunction with the election, lots are to be drawn to determine which of the three members shall go off by rotation, as stipulated, at the end of 1901, and which at the end of 1902.

To all which Each and Every One, whom it may concern, hath to pay dutiful and obedient heed. To the further certainty whereof WE have hereby attached OUR signature and royal seal.

At the Palace in Stockholm, on this the 29th day of June 1900.

OSCAR.

(L. S.)

Nils Claëson.

STATUTES,

TOGETHER WITH

SPECIAL REGULATIONS,

CONCERNING

THE DISTRIBUTION ETC. OF PRIZES FROM THE NOBEL FOUNDATION.

BY

THE SWEDISH ACADEMY IN STOCKHOLM.

GIVEN BY

HIS GRACIOUS MAJESTY, OSCAR II, KING OF SWEDEN AND NORWAY, AT THE PALACE IN STOCKHOLM, ON THE 29TH DAY OF JUNE 1900.

---

§ 1.

The right to nominate a candidate for the prize-competition shall belong to: Members of the Swedish Academy and of the Academies in France and Spain, which are similar to it in constitution and purpose; members also of the humanistic classes of other academies and of those humanistic institutions and societies that are on the same footing as academies; and teachers of æsthetics, literature and history at university colleges.

The above regulation shall be publicly announced at least once every five years in some official or widely circulated journal in each of the three Scandinavian countries and in the chief countries of the civilised world.

§ 2.

The Academy shall appoint at its Nobel-Institute, which shall embrace a large library chiefly of works in modern literature, not only a head-librarian and one or more sub-librarians, but also, as far as needed, other officers and assistants of literary training, either with temporary or permanent posts, to discharge the work of preparing questions arising out of the prize-competition prior to their treatment by the Academy, to draw up reports concerning literary works of recent publication in foreign countries and to translate from foreign languages when such work is required.

The Nobel-Institute of the Swedish Academy shall be under the superintendence of an Inspector appointed by the Crown, and under the immediate management of a member of the Academy, to be chosen by that body.

§ 3.

The Academy shall be empowered to employ the proceeds of the special fund in furthering, in such directions as the testator ultimately had in view in making his bequest, any work in the field of literature, whether carried on in Sweden or abroad, that may be considered to possess importance more, especially in those departments of culture which it is the function of the Academy to tend and foster.

§ 4.

If those members of the Academy who do not live in Stockholm are prevented from personally taking part in the election of delegates, which the Code enjoins upon the Academy, they are entitled to vote by sending in voting-papers.

The members of the Academy who are non-resident in Stockholm are entitled to compensation for travelling expenses, to a value which the Academy shall determine, if they desire to be present at any meeting of the Academy where any question is on the agenda that relates to the prize-distribution, to the reserving of money or to the allotting of reserve sums to a special fund.

§ 5.

In cases where other forms of compensation than those for travelling or for attendance, as provided in § 4 above and in § 16 of the Code, be voted to a member of the Academy, that body itself not being authorised by the Code to dispense such payment, the vote shall be submitted to the Crown for consideration and sanction.

To all which Each and Every One, whom it may concern, hath to pay dutiful and obedient heed. To the further certainty whereof WE have hereby attached OUR own signature and royal seal.

At the Palace in Stockholm, on this the 29th day of June 1900.

OSCAR.

(L. S.)

Nils Claëson.

NOTE.

The Royal Academy of Science (Kungl. Vetenskaps-Akademien) in Stockholm was founded in 1739. The statutes of its constitution at present in force date from the year 1850 (July 13). The functions of the Academy are to encourage the pursuit and the development of the sciences and also to spread a knowledge of them by the circulation of printed scientific papers and monographs.

The Academy, of which the King is the patron, numbers 100 Swedish and Norwegian members and 75 foreign ones. The home members are ranged in 9 Classes, to wit: 1. Pure Mathematics; 2. Applied Mathematics; 3. Practical Mechanics; 4. Physical Sciences; 5. Chemistry, Geology and Mineralogy; 6. Botany and Zoology; 7. Medical Sciences; 8. Technology, Economics and Statistics; 9. General Science and Scientific Pursuits.

The Academy elects its President annually, but has several permanent officials, among whom the chief is the Secretary, who has the details of the management under his care.

The Caroline Medical-Chirurgical Institute (Kungl. Karolinska Institutet) in Stockholm dates from 1815. The statutes now in force received the King's sanction on April 29 1886. It corresponds to a University Medical Faculty and has the same standing as the Medical Faculties at Upsala and Lund. Theoretical and practical instruction in the Medical Sciences is imparted, and students are able to graduate at the Institute.

The head of the Institute is the Rector, chosen from among their own number by the staff of professors for a term of three years; the management and control of the Institute is vested in him. The professorial staff numbers at present 22.

The Swedish Academy (Svenska Akademien) in Stockholm, founded by King Gustavus III on the 20th of March 1786, when it received the statutes of constitution still in force, devotes itself to the arts of elocution and poetry, its mission being to labour in the interests of the preservation of purity, force and elevation of diction in the Swedish language both in scientific works and, more especially, in those products of pure literature that are embraced under the terms poetry and elocution in all their scope, not excluding those works that have the inculcation of religion for their purpose. It is part of the task of the Academy to prepare for publication a dictionary of the Swedish language and likewise a grammar, besides issuing papers and treatises calculated to establish and cultivate good taste. The Academy awards annual prizes to the winners of competitions in elocution and poetry. The membership of the Academy is fixed at 18, all being Swedes; the King is its patron. The officials consist of a President, a Chancellor, and a Permanent Secretary, all chosen from among the members.

LES PRIX NOBEL

EN 1919—1920

LES PRIX NOBEL

EN 1919—1920

STOCKHOLM
IMPRIMERIE ROYALE. P. A. NORSTEDT & SÖNER
1922

TABLE DES MATIÈRES.

Cette publication est faite par ordre des corporations chargées de décerner les prix Nobel.

Comité de rédaction.

MM. les professeurs K. B. HASSELBERG, H. G. SÖDERBAUM et F. LENNMALM, le secrétaire perpétuel de l'Académie suédoise le docteur E. A. KARLFELDT.

La rédaction définitive et les soins de l'impression ont été confiés à M. C. G. SANTESSON, professeur à l'Institut Carolin, Stockholm.

DISTRIBUTIONS DES PRIX SUÉDOIS EN 1919—1920.

Les institutions suédoises que le D[r] ALFRED NOBEL a chargées par son testament de décerner les prix qu'il a fondés, choisissent chacune, conformément aux statuts de la fondation, un *Comité* qui prépare l'attribution annuelle de ces prix.

Ces comités reçoivent les propositions de candidatures faites par les personnes qui, en Suède et à l'étranger, sont qualifiées à cet effet suivant des règlements spéciaux; il les examinent et remettent à leurs institutions respectives des rapports motivés, après quoi l'attribution des prix est décidée.

En 1919 et 1920, les Comités étaient composés de la manière suivante:

Comité Nobel de l'Académie des Sciences de Suède pour la *physique:*

MM. P. G. D. GRANQVIST, professeur de physique à Upsal, *président du Comité*; K. B. HASSELBERG, professeur, physicien de l'Académie des Sciences; SVANTE A. ARRHENIUS, professeur, directeur de l'Institut Nobel de l'Académie des Sciences pour la chimie physique; V. CARLHEIM-GYLLENSKIÖLD, professeur de physique, Stockholm; A. GULLSTRAND, professeur d'optique physiologique et physique à Upsal.

Comité Nobel de l'Académie des Sciences de Suède pour la *chimie:*

MM. O. HAMMARSTEN, ancien professeur de chimie physiologique et médicale à Upsal, *président du Comité;* J. P. KLASON, ancien professeur de chimie à l'École Technique Supérieure de Stockholm; OSCAR WIDMAN, ancien professeur de chimie à Upsal; H. G. SÖDERBAUM, professeur de chimie agricole à l'Académie d'Agriculture de Suède; Å. G. EKSTRAND, ancien ingénieur en chef du Service du Contrôle des alcools et denrées, Stockholm.

Comité Nobel de l'Institut Carolin de Médecine et de Chirurgie pour la *physiologie* et la *médecine:*

pour 1919: MM. J. E. JOHANSSON, professeur de physiologie, *président du Comité;* F. J. E. WESTERMARK, professeur d'obstétrique et de gynécologie, *vice-président du Comité;* ISRAEL HOLMGREN, professeur de médecine interne; JOHN A. SJÖQVIST, professeur de chimie médicale; G. HEDRÉN, professeur de médecine légale, tous à l'Institut Carolin.

pour 1920: MM. J. E. JOHANSSON, professeur de physiologie, *président du Comité;* G. HEDRÉN, professeur de médecine légale, *vice-président du Comité;* ISRAEL HOLMGREN, professeur de médecine interne; F. LENNMALM, professeur de neurologie; JOHN A. SJÖQVIST, professeur de chimie médicale, tous à l'Institut Carolin.

Comité Nobel de l'Académie suédoise pour la *littérature:*

pour 1919: MM. H. G. HJÄRNE, ancien professeur d'histoire à Upsal, *président du Comité;* ESAIAS TEGNÉR, ancien professeur de langues orientales à Lund; E. A. KARLFELT, docteur ès lettres, secrétaire perpétuel de l'Académie; P. A. L. HALLSTRÖM, homme de lettres; une place vacante, tous membres de l'Académie suédoise.

pour 1920: Les mêmes et M. J. H. E. SCHÜCK, ancien professeur d'histoire de la littérature à Upsal.

L'Académie des Sciences de Suède a décidé le 13 novembre 1919 de décerner le prix Nobel de *physique* de 1918 à

M. MAX PLANCK

en reconnaissance des services qu'il a rendus pour le développement de la physique par la découverte de l'élément d'action.

Le même jour, l'Académie a décerné le prix Nobel de *physique* de 1919 à

M. JOHANNES STARK

pour sa découverte de l'effet Doppler des rayons canaux et de la dispersion des raies spectrales dans le champ électrique;

ainsi que le prix Nobel de *chimie* de 1918 à

M. FRITZ HABER

pour la synthèse de l'ammoniaque en partant de ses éléments

En outre, l'Académie a décidé le 11 novembre 1920 d'attribuer le prix Nobel de *physique* de l'année à

M. CHARLES ÉDOUARD GUILLAUME

pour reconnaître les services qu'il a rendus à la physique de précision par la découverte des anomalies des alliages d'acier au nickel.

Avec les prix, il a été remis à ces lauréats, un *diplôme* artistiquement orné, rédigé en suédois et indiquant brièvement, d'après les termes cités ci-dessus, les *raisons pour lesquelles le prix avait été décerné.* Les diplômes étaient signés du président en exercice de l'Académie des Sciences de Suède M. Å. G. EKSTRAND, ainsi que du secrétaire M. CHR. AURIVILLIUS.

L'Institut Carolin de Médecine et de Chirurgie a décidé le 28 octobre 1920 de décerner le prix Nobel de *physiologie* et de *médecine* de 1919 à

M. JULES BORDET

pour ses découvertes concernant l'immunité

et le prix de 1920 à

M. AUGUST KROGH

pour sa découverte du mécanisme de la régulation capillairomotrice.

Les diplômes de ces lauréats portent les signatures des membres du *Collège des professeurs de l'Institut Carolin:*

F. LENNMALM.

ERIK MÜLLER.	C. G. SANTESSON.	J. ÅKERMAN.
CARL SUNDBERG.	J. E. JOHANSSON.	EMIL HOLMGREN.
BROR GADELIUS.	ALBIN DALÉN.	GUSTAF EKEHORN.
GUNNAR HEDRÉN.	GUNNAR HOLMGREN.	JOHAN ALMKVIST.
ISRAEL HOLMGREN.	PATRIK HAGLUND.	I. JUNDELL.
GÖSTA FORSSELL.	H. C. JACOBÆUS.	HJ. FORSSNER.
JOHN SJÖQVIST.	ALFRED PETTERSSON.	ERIK AHLSTRÖM.

FOLKE HENSCHEN.

L'Académie suédoise a décidé le 11 novembre 1920 de décerner le prix Nobel de *littérature* de 1919 à

M. CARL SPITTELER.

en pensant spécialement à sa puissante épopée «Olympischer Frühling»

et le prix de 1920 à

M. KNUT HAMSUN

pour son œuvre monumentale «Markens grøde» (Les fruits de la terre).

Les diplômes remis à ces deux lauréats étaient signés du président de l'Académie alors en exercice, M. IVAR AFZELIUS, ainsi que du secrétaire perpétuel M. E. A. KARLFELDT.

Les diplômes des prix de physique et de chimie ont été exécutés par Mlle SOPHIE GISBERG, ceux pour la physiologie et la médecine par Mlle ANNA BERGLUND, et ceux pour la littérature par Mlle BERTHA SVENSSON.

Avec les diplômes, il a été remis aux lauréats des médailles Nobel, composées et exécutées par le sculpteur et graveur de médailles suédois, M. ERIK LINDBERG.

Ces médailles portent à l'avers l'effigie d'ALFRED NOBEL avec les dates de sa naissance et de sa mort. Le portrait d'ALFRED NOBEL, exécuté par M. ERIK LINDBERG, est considéré comme étant peut-être le meilleur qui existe.

L'inscription principale du revers est également la même sur les trois médailles Nobel suédoises. Elle est empruntée à l'Énéide de Virgile, sixième chant, et est ainsi conçue: *Inventas vitam juvat excoluisse per artes.* (En traduction libre: Qu'il est doux de voir la vie humaine s'embellir par l'invention des arts.)

Au-dessous se trouve un cartouche sur lequel est gravé le nom du lauréat.

La médaille de l'Académie des Sciences de Suède, destinée aux lauréats tant de physique que de chimie, représente la nature sous les traits d'une déesse ressemblant à Isis, qui sort des nuages et tient dans ses bras une corne d'abondance. Le voile qui recouvre son visage d'une gravité austère, est soulevé par le Génie de la Science.

La médaille de l'Institut Carolin de Médecine et de Chirurgie représente le Génie de la Médecine tenant un livre ouvert sur ses genoux et recueillant dans une coupe l'eau qui jaillit d'un rocher, afin de l'offrir à une jeune fille malade.

La médaille de l'Académie suédoise représente un adolescent qui, assis sous un laurier, écoute et inscrit, charmé, le chant de la Muse.

Les médailles mesurent 65 millimètres de diamètre. Elles sont en or et représentent maintenant une valeur de 645 couronnes suédoises (environ 1,935 francs).

CÉRÉMONIE DE LA DISTRIBUTION DES PRIX SUÉDOIS LE 1er JUIN 1920.

Conformément aux statuts de la Fondation Nobel, la distribution annuelle des prix avait eu lieu jusqu'ici le 10 décembre, jour anniversaire de la mort du donateur. Mais on pensa que la saison froide contribuait à rendre difficile la venue à Stockholm de certains lauréats étrangers et que d'autre part, au commencement de l'été, notre pays se présenterait mieux à son avantage aux yeux de ces étrangers et peut-être aussi que, dans la belle saison, les fêtes Nobel seraient l'objet d'un plus grand intérêt de la part du public suédois. En conséquence, il fut décidé, sur la proposition des autorités chargées de la distribution des prix, que l'attribution des prix et la publication des noms des lauréats continueraient à se faire en automne et que l'intérêt du montant des prix serait porté au crédit des lauréats à partir du 10 décembre, mais que la remise solennelle des prix serait renvoyée au 1er juin de l'année suivante.

La *distribution des prix suédois* de *physique* et de *chimie*, attribués en décembre 1919, eut lieu le mardi 1er juin 1920 à 5 heures de l'après-midi, suivant un programme dressé de concert par les institutions décernant ces prix et le Conseil d'administration de la Fondation Nobel.

La cérémonie se passa dans la grande salle de l'Académie de Musique, ornée pour la circonstance du buste d'ALFRED NOBEL et richement décorée d'emblêmes et de fleurs naturelles.

Par suite du décès de S. A. la Princesse Royale survenu le 1er mai, aucun des membres de la famille royale ne put assister à la cérémonie, et les prix furent distribués par le président du conseil d'administration de la Fondation Nobel, M. le professeur HENRIK SCHÜCK.

Parmi les invités, on remarquait, outre les lauréats de l'année MM. les professeurs M. PLANCK, J, STARK et F. HABER, plusieurs lauréats des années précédentes MM. les professeurs M. v. LAUE, CH. G. BARKLA, R.

WILLSTÄTTER, S. ARRHENIUS et A. GULLSTRAND. Etaient présents aussi: Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères Baron PALMSTIERNA, MM. les ministres OLSSON, SVENSSON, SANDLER et NOTHIN; des membres du corps diplomatique; de hauts fonctionnaires civils et militaires; des professeurs et des étudiants des facultés et des écoles supérieures, des représentants des sociétés savantes et littéraires, des sciences, des lettres et des arts, de la presse etc. Un grand nombre de dames avaient aussi été invitées.

La fête se déroula d'après le programme suivant:

1. *Ouverture* par LUDVIG NORMAN, exécutée, de même que les autres morceaux de musique, par l'orchestre du théâtre royal de l'Opéra sous la direction du premier chef d'orchestre M. ARMAS JÄRNEFELT.

2. *Discours d'ouverture* du président du conseil d'administration de la Fondation Nobel, M. le professeur HENRIK SCHÜCK.

3. Musique: «*Skärgården*» (*L'Archipel*) de HUGO ALFVÉN.

4. Distribution des prix:

Le prix Nobel de physique de 1918 à M. le professeur M. PLANCK, après un discours du président de l'Académie des Sciences, M. l'ingénieur en chef Å. G. EKSTRAND.

Le prix Nobel de physique de 1919 à M. le professeur J. STARK, après un discours du président de l'Académie des Sciences;

Le prix Nobel de chimie de 1918 à M. le professeur F. HABER, après un discours du président de l'Académie des Sciences.

5. Ouverture des «*Meistersänger*» (*Maîtres Chanteurs*) de RICHARD WAGNER.

TAL

av Ordföranden i Nobelstiftelsens Styrelse, professor HENRIK SCHÜCK.
(Traduction page 14.)

Mina Damer och Herrar!

Då Nobelstiftelsen nu efter ett uppehåll av mer än sex år åter firar sin högtidsdag, sker det i sorgens tecken. Vårt konungahus har drabbats av en svår förlust, i vilken hela vårt folk med sällspord samstämmighet deltagit, även de, som icke haft lyckan att personligen känna den ädla, harmoniska furstinna, som gått bort medan hon ännu stod i livets fulla kraft. Och här bör hennes minne så mycket mindre förgätas, som hon troget efter måttet av sina krafter arbetat för det mål, som också hägrade för Alfred Nobel: att söka lindra de lidanden, som kriget medfört för mänskligheten, och lindra dem utan hänsyn till de stridandes nationalitet.

Denna förlust har också medfört, att vi i dag icke fått den glädjen att här se någon representant för vårt konungahus, som eljes alltid, med undantag för Konung Oscar II:s dödsår, hedrat våra sammankomster med sin närvaro.

Tjugofem år ha nu gått, sedan Alfred Nobel upprättade sitt testamente. Men den känsla av stolthet, som vi först kände över hans donation, har under de senast gångna åren hos mången säkerligen förbytts i missmod och blygsel. Alfred Nobels drömmar om fred och lycka, om försoning mellan folken, om en tävlan i uppfinningar, icke till mänsklighetens skada, utan till dess gagn — huru ha vi, hans efterlevande, sökt förverkliga dessa drömmar?

Milsvidder av bördig jord ligga upplöjda av granater, så att årtionden skola gå, innan de åter kunna skänka några skörder; genom hunger och undernäring hava barnen gjorts odugliga för livet, så vida de ej redan genom den barmhärtigare döden befriats från framtidens lidanden; under generationer framåt äro hela folk dömda till ekonomisk träldom för att ersätta vad kriget förstört; individernas mottaglighet för suggestionens makt har fruktans-

värt ökats och hotar att bliva kanske lika stark som på korstågens och häxprocessernas tid; och även de kyligaste hjärnor hava knappt kunnat undgå att infekteras av dessa mass-suggestionens baciller.

Men — allt detta ha vi ju så ofta hört, att vi blivit slöa och ej längre uppröras av allt det elände, som ligger bakom och framför oss. Eländet har för oss blivit det naturliga och vardagliga, och nästan med resignation se vi den hotande utsikten av ett stort och allmänt förfall inom det mänskliga kulturlivet. På framåtskridandet, över vilket vi en gång voro så stolta, ha vi börjat tvivla, och den humanitetens tidsålder, om vilken Alfred Nobel drömde, synes även för sangvinikern nu ligga vida mera fjärran än för tjugofem år sedan.

Vi ha drömt och vi ha vaknat. »Världen är alltid sig själfvo lik» yttrade redan vår gamle reformator Olavus Petri. Civilisationen har väl strukit sin färnissa över den primitiva människans instinkter, men dessa ha alltjämt förblivit desamma, och vid första starkare påfrestning ha de åter brutit fram, kanske rent av våldsammare än förut. Världen är sig självo lik, och de höga idéer, som begagnats såsom stridsrop, — förut den sanna religionen, nu nationernas rätt — ha blott allt för ofta visat sig vara en skyddande förklädnad för samma primitiva lidelser som under mänsklighetens barndomsår. Liksom på folkvandringens tid kämpas det fortfarande om en plats i solen, och nu liksom då är man obekymrad om, huruvida en under årtusenden mödosamt upptimrad kultur därigenom förintas. Barbarskarorna synas åter, liksom för femtonhundra år sedan, stå vid kulturlivets gränsmarker, färdiga att bryta in och förhärja.

Och dock högtidlighålla vi Alfred Nobels minne! Väl kunde han icke ana hela vidden av de hemsökelser, som skulle drabba mänskligheten och som i *omfattning* knappt haft något motstycke i historien. Men helt visst förutsåg han dock, att det mål, som hägrade för honom, ännu dolde sig långt i fjärran bakom kommande århundradens förlåt och att lidandets kalk ännu var långt ifrån tömd. Men hoppet om en ljusare framtid hade han dock ej uppgivit.

Den humanitet och den broderskänsla, som för honom voro målet, trodde han skola nås genom vetenskapens segrar. Men icke ensamt genom dem, utan också genom skaldens och tänkarens drömmar, det är: genom tron på de ideala makterna i livet.

Måhända var också detta blott en dröm, men i så fall en dröm, *utan* vilken vi icke kunna leva. Ty skall mänskligheten under sin vandring genom öknen ej dådlös och utpinad sjunka ned i sanden för att där i stum för-

tvivlan invänta befriaren döden, så måste hon dock kunna svalka de brännheta läpparna med det stärkande flöde, som kväller ur Hoppets källsprång. Först därefter kan hon återtaga den ändlösa vandringen mot det löftets land, som döljer sig bakom synranden.

Nobeldagen, till vars fest jag nu ber att få hälsa Er alla välkomna, är blott ett yttre uttryck för detta hopp, som aldrig får dö: att vetenskapen och dikten dock till sist skola skingra de folkhatets skuggor, som nu lägrat sig över världen — hoppet, att åtminstone våra efterkommande en gång skola få se solen bryta fram ur molnen.

DISCOURS

du président de la Fondation Nobel M. le professeur SCHÜCK.

Mesdames et Messieurs,

Lorsque l'Institut Nobel après un intervalle de plus de six ans reprend ses séances solennelles, c'est à un moment de deuil public. Notre famille royale a éprouvé une grande perte, ressentie par notre peuple tout entier, même par ceux qui n'ont pas eu le privilège de connaître personnellement la noble et harmonieuse princesse qui vient d'être emportée en pleine force de vie. Son souvenir doit être d'autant moins passé sous silence ici qu'elle aussi avait consacré le plus possible de son activité à l'œuvre qu'avait en vue Alfred Nobel: soulager les souffrances que la guerre a causées à l'humanité et les soulager sans distinction de nationalité.

Ce deuil a pour conséquence de nous priver de la joie de voir aujourd'hui ici les membres de la famille royale qui toujours, sauf l'année de la mort du roi Oscar II, ont honoré nos séances de leur présence.

Vingt-cinq ans ont passé depuis que Alfred Nobel dressa son testament. Le sentiment de fierté que sa donation nous fit d'abord éprouver a certainement fait place chez beaucoup d'entre nous pendant les dernières années au découragement et à la confusion. Les rêves d'Alfred Nobel sur la paix et le bonheur, sur la réconciliation entre les peuples, sur leur émulation à multiplier les inventions, non nuisibles, mais utiles à l'humanité — comment nous, ses survivants, avons-nous tâché de les réaliser, ces rêves?

D'immenses étendues de terre fertile ont été ravagées par les obus et ne pourront porter de récoltes avant des dizaines d'années; la faim et une mauvaise alimentation ont rendu impropres à la vie les enfants que la mort impitoyable n'a pas déjà délivrés des souffrances de l'avenir; durant des générations, des peuples entiers vont être condamnés à l'esclavage économique pour restaurer ce que la guerre a détruit; la réceptivité des individus aux influences de la suggestion s'est tellement développée qu'elle menace de devenir presque aussi forte qu'au temps des croisades et des

procès de sorcellerie; et les esprits les plus pondérés eux-mêmes n'ont guère pu échapper à l'action du virus des suggestions collectives.

Mais nous avons tant entendu parler de tout cela que nous nous sommes blasés et que nous n'éprouvons plus guère d'émotion à constater toute cette misère qui est derrière nous et devant nous. La misère est devenue pour nous ce qui est naturel et ordinaire, et c'est presque avec résignation que nous envisageons la menaçante perspective d'une décadence générale de la culture humaine. Nous avons commencé à douter du progrès dont nous étions si fiers et cette ère de l'humanité à laquelle rêvait Alfred Nobel apparaît même aux plus optimistes beaucoup plus éloignée aujourd'hui qu'il y a vingt-cinq ans.

Nous avions fait un rêve et nous nous sommes réveillés. « Le monde est toujours semblable à lui-même » disait déjà notre vieux réformateur Olaus Petri. La civilisation a bien mis son vernis sur les instincts de l'homme primitif, mais ceux-ci sont restés les mêmes et, à la première sollicitation un peu forte, ils se manifestent à nouveau, peut-être avec encore plus de violence qu'autrefois. Le monde est toujours semblable à lui-même et les idées élevées qui ont servi de drapeaux — autrefois la «vraie» religion, maintenant le droit des peuples — n'ont trop souvent été qu'un déguisement pour masquer les mêmes passions primitives que celles qui se manifestaient ouvertement pendant l'enfance de l'humanité. Comme au temps des migrations de peuples, on se bat encore pour conquérir une place au soleil et, maintenant comme alors, on se soucie peu de détruire, cela faisant, une culture millénaire chèrement acquise. Les hordes barbares semblent de nouveau, comme il y a quinze cents ans, se tenir à la frontière du monde civilisé, prêtes à faire irruption et à tout dévaster.

Et cependant nous célébrons la mémoire d'Alfred Nobel! Il ne pouvait guère soupçonner toute l'immensité des malheurs qui devaient frapper l'humanité et qui comme étendue n'ont guère eu de pareils dans l'histoire. Mais néanmoins il prévoyait sans doute que le but qui l'attirait se cachait loin derrière le voile des siècles futurs et que le calice des douleurs était encore loin d'être vidé. Pourtant il n'avait pas abandonné l'espoir en un avenir plus heureux.

Ce qui d'après lui devait contribuer à amener les peuples à cette humanité et à ce sentiment de fraternité qui lui apparaissaient comme le but suprême, c'étaient les victoires de la science, mais aussi les rêves des poètes et des penseurs, c'est-à-dire la foi en la puissance des idées dans la vie.

Peut-être que ceci n'était aussi qu'un rêve; mais c'est alors un rêve sans lequel nous ne pouvons plus vivre. Car pour que l'humanité pendant sa marche à travers le désert ne tombe pas épuisée et ne se laisse pas enliser dans les sables arides, il faut qu'elle puisse rafraîchir ses lèvres brûlantes à l'onde bienfaisante qui jaillit de la source de l'Espérance. Ce n'est qu'à cette condition qu'elle peut poursuivre son éternelle marche en avant vers la terre promise cachée derrière l'horizon.

Cette fête Nobel où vous êtes tous les bienvenus n'est qu'une manifestation extérieure de cette espérance qui ne doit pas mourir, l'espérance que la science et la poésie finiront cependant par dissiper les nuages de haine amassés sur le monde, l'espérance que nos descendants au moins verront un jour le soleil percer les nuages.

1918 ÅRS NOBELPRIS I FYSIK.

(Übersetzung, S. 19.)

Kungl. Vetenskapsakademiens preses, Överingeniören dr. Å. G. EKSTRAND, yttrade:

Kungl. Vetenskapsakademien har beslutat utdela 1918 års Nobelpris i fysik åt professorn vid Berlins Universitet Geheimrat MAX PLANCK för den av honom framställda och utvecklade teorien om elementarkvanta.

Allt sedan Kirchhoff år 1860 uttalade den satsen, »att en svart kropps strålningsintensitet är beroende endast på strålningens våglängd och på den strålande kroppens temperatur, ett samband av största intresse att lära känna», har den teoretiska behandlingen av strålningsproblemet utgjort en rikt flödande källa för nya upptäckter. Här må blott erinras om den fruktbara Doppler'ska principen, vidare om den store Maxwells reformering av vår uppfattning om ljusets natur, som innehålles i hans elektromagnetiska ljusteori, om Boltzmanns härledning av den Stefan'ska lagen och om Wiens strålningslag. Då denna likväl ej visade sig fullt motsvara verkligheten, utan, liksom en av lord Rayleigh angiven strålningslag, motsvarade ett specialfall av den allmänna strålningslagen, sökte och fann Planck 1900 en matematisk formel för denna, för att senare giva densamma en teoretisk härledning. I formeln ingingo två konstanter, av vilka den ena visades angiva antalet molekyler i en grammolekyl av ett ämne. Planck var också den förste, som, medelst sagda relation, lyckades angiva ett högeligen noggrant värde på nämnda antal, den så kallade Avogadro'ska konstanten. Den andra konstanten, den så kallade Planck'ska konstanten, h, har visat sig besitta en kanske ännu större betydelse än den förutnämnda. Produkten $h\nu$, där ν är en strålnings svängningstal, är nämligen lika med den minsta värmemängd av svängningstalet ν, som kan utstrålas. Denna teoretiska slutsats står i den skarpaste motsättning mot vår föregående uppfattning av strålningsfenomenet. Det fordrades därför en kraftig bekräftelse från erfarenhetens sida, innan den Planckska strålningsteorien kunde antagas. Emellertid har denna teori haft oerhörda framgångar. Kropparnas specifika

värme, Stokes' lag vid fosforescens- och fluorescens-företeelserna och den fotoelektriska effekten giva, såsom Einstein först påpekat, det kraftigaste stöd åt Plancks strålningsteori mot den förut hävdvunna uppfattningen. Ännu större triumfer har Plancks teori firat inom spektralanalysen, där Bohrs grundläggande och Sommerfelds, Epsteins och andras kompletterande arbeten givit en förklaring till de gåtfulla lagar, som härska inom denna del av vetenskapen. På sista tiden ha också grundläggande fysikali skt-kemiska företeelser såsom temperaturens inflytande på reaktionshastigheten och reaktionsvärmet genom arbeten av W. C. Mc Cullagh, Lewis, Perrin, med flera belysts av Plancks teori.

I själva verket är den Planckska strålningsteorien den viktigaste ledstjärnan för den moderna fysikaliska forskningen, och det synes som om det ännu skulle dröja länge, innan de skatter äro uttömda, som genom Plancks snille bragts i dagen.

Herr Geheimrat Professor Planck! Die Schwedische Akademie der Wissenschaften hat Ihnen den Nobelpreis in Physik für 1918 zuerteilt als eine Anerkennung Ihrer bahnbrechenden Untersuchungen über die Quantentheorie. Diese Theorie, die ursprünglich an die schwarze Wärmestrahlung angeknüpft worden ist, hat sich nachher auch für andere Gebiete und Verhältnisse der Natur als gültig erwiesen, und die nach Ihnen genannte konstante Zahl ist ein Proportionalitätsfaktor, der eine allgemeine, bisher unbekannte Eigenschaft der Materie bezeichnet. Die Akademie ersucht Sie nun, Herr Professor, von dem Präsidenten der Nobelstiftung den Preis empfangen zu wollen.

PHYSIKALISCHER NOBELPREIS FÜR 1918.

Der Präses der Kgl. Akademie der Wissenschaften, Oberingenieur Dr. Å. G. EKSTRAND, hielt folgende Ansprache:

Die Kgl. Akademie der Wissenschaften hat beschlossen, den physikalischen Nobelpreis für 1918 dem Professor an der Universität Berlin, Herrn Geheimrat Dr. MAX PLANCK für die von ihm aufgestellte und entwickelte Theorie der Elementarquanten zuzuerteilen.

Seitdem Kirchhoff 1860 den Satz aussprach, »dass die Strahlungsintensität eines schwarzen Körpers nur von der Wellenlänge der Strahlung und von der Temperatur des strahlenden Körpers abhängt, ein Zusammenhang, den kennen zu lernen von grösstem Interesse ist», hat die theoretische Behandlung des Strahlungsproblems eine reich ergiebige Quelle für neue Entdeckungen gebildet. Hier sei nur an das fruchtbare Dopplersche Prinzip erinnert, ferner an die Umgestaltung unserer Auffassung von der Natur des Lichts, wie sie in der elektromagnetischen Lichttheorie des grossen Maxwell enthalten ist, an Boltzmanns Herleitung des Stefanschen Gesetzes und an Wiens Strahlungsgesetz. Da es sich jedoch zeigte, dass dieses nicht völlig der Wirklichkeit entsprach, sondern, gleichwie ein von Lord Rayleigh angegebenes Strahlungsgesetz, nur einen Spezialfall des allgemeinen Strahlungsgesetzes darstellte, suchte und fand Planck 1900 eine mathematische Formel für dieses letztere, um dann später dasselbe auch theoretisch abzuleiten. In der Formel waren zwei Konstanten enthalten, deren eine, wie nachgewiesen wurde, die Anzahl Moleküle in einem Grammolekül eines Stoffes angab. Planck war auch der erste, dem es, mittelst der genannten Relation, gelang, einen in hohem Grade genauen Wert für die fragliche Anzahl, die sogenannte Avogadro'sche Konstante, anzugeben. Der anderen Konstanten, der sogenannten Planckschen Konstanten, kommt, wie es sich gezeigt hat, eine vielleicht noch grössere Bedeutung zu als der erstgenannten. Das Produkt $h\nu$, wo ν die Schwingungszahl einer Strahlung bezeichnet, ist näm-

lich gleich der kleinsten Wärmemenge von der Schwingungszahl ν, die ausgestrahlt werden kann. Diese theoretische Schlussfolgerung steht in schärfstem Gegensatz zu unserer früheren Auffassung des Strahlungsphänomens. Es war daher eine kräftige Bestätigung seitens der Erfahrung erforderlich, bevor die Plancksche Strahlungstheorie angenommen werden konnte. Indessen hat diese Theorie unerhörte Erfolge gehabt. Die spezifische Wärme der Körper, Stokes' Gesetz bei den Phosphoreszenz- und Fluoreszenzerscheinungen und der photoelektrische Effekt liefern, worauf Einstein zuerst hingewiesen hat, die kräftigste Stütze für Plancks Strahlungstheorie gegenüber der zuvor üblichen Auffassung. Noch grössere Triumphe hat Plancks Theorie in der Spektralanalyse gefeiert, wo Bohrs grundlegende und Sommerfelds, Epsteins und anderer ergänzende Arbeiten eine Erklärung für die rätselhaften Gesetze geliefert haben, die innerhalb dieses Teils der Wissenschaft herrschen. In letzter Zeit haben auch grundlegende physikalisch-chemische Erscheinungen, wie der Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit und die Reaktionswärme, durch Arbeiten von W. C. Mc Cullagh, Lewis, Perrin u. a. eine neue Beleuchtung mittelst Plancks Theorie erfahren.

In Wirklichkeit ist die Plancksche Strahlungstheorie der wichtigste Leitstern für die moderne physikalische Forschung, und es scheint, als sollte es noch lange dauern, ehe die Schätze erschöpft sind, die durch Plancks Genie zutage gefördert worden sind.

Herr Geheimrat Professor Planck! Die Schwedische Akademie der Wissenschaften hat Ihnen den Nobelpreis in Physik für 1918 zuerteilt als eine Anerkennung Ihrer bahnbrechenden Untersuchungen über die Quantentheorie. Diese Theorie, die ursprünglich an die schwarze Wärmestrahlung angeknüpft worden ist, hat sich nachher auch für andere Gebiete und Verhältnisse der Natur als gültig erwiesen, und die nach Ihnen genannte konstante Zahl ist ein Proportionalitätsfaktor, der eine allgemeine, bisher unbekannte Eigenschaft der Materie bezeichnet. Die Akademie ersucht Sie nun, Herr Professor, von dem Präsidenten der Nobelstiftung den Preis empfangen zu wollen.

1919 ÅRS NOBELPRIS I FYSIK.

(Übersetzung, S. 25.)

Kungl. Vetenskapsakademiens preses, överingenjören d:r K. G. EKSTRAND, yttrade:

Kungl. svenska vetenskapsakademien har beslutat utdela 1919 års Nobelpris i fysik åt professorn vid universitetet i Greifswald JOHANNES STARK för hans upptäckt av Dopplereffekten hos kanalstrålar och av spektrallinjers uppdelning i elektriska fält.

Sällan torde väl studiet av något fysikaliskt fenomen lett till en sådan glänsande serie av viktiga upptäckter som det, som uppkommer, då en elektrisk ström ledes genom en förtunnad gas. Redan år 1869 hade Hittorf upptäckt, att vid låga tryck i urladdningsrör utgå från den negativa elektroden eller den s. k. katoden strålar, som visserligen äro osynliga för ögat, men som kunna iakttagas genom vissa märkliga verkningar. Det fortsatta studiet av dessa katodstrålar, vid vilka särskilt Lenard inlagt stora förtjänster, har ådagalagt, att dessa bestå av en ström negativt laddade små partiklar, vilkas massa endast är 1/1800 av väteatomens massa. Vi kalla dessa små partiklar elektroner, och ur studiet av elektronernas egenskaper och förhållande till materien har efter hand utvecklats en av den moderna fysikens ledande teorier. Såväl inom fysiken som kemien har elektronteorien med dess föreställning om materiens konstitution varit av den mest djupgående betydelse.

Om katodstrålar falla på en kropp, bliver denna källa för en ny strålning nämligen de av Röntgen år 1895 upptäckta, av honom benämnda X-strålarna, vilkas studium lett till så många betydelsefulla resultat för stora vetenskapsgrenar även utom fysiken. Genom v. Laues upptäckt av röntgenstrålarnes diffraktion i kristaller blev ådagalagt, att dessa strålar äro ljusvågor av mycket liten våglängd. Det är numera möjligt att till och med fotografera dessa strålars spektra, och vetenskapen har härigenom riktats med ett forskningsmedel, vars räckvidd icke kan överskådas.

v. Laues uppslag har även föranlett betydelsefulla upptäckter inom kristallografiens område. Det är numera möjligt, sedan far och son Bragg härför utarbetat teoretiska och experimentella metoder, att bestämma läget av atomerna i kristaller. Genom dessa metoder har en helt ny värld blivit öppnad och redan delvis utforskad.

Ej mindre betydelsefull var Barklas upptäckt år 1906, att varje kemiskt element vid bestrålning av Röntgenstrålar utsänder ett röntgenspektrum, som är karakteristiskt för elementet i fråga. För det teoretiska studiet av atomernas byggnad har denna upptäckt varit av eminent betydelse.

År 1886 upptäckte Goldstein ett nytt slag av strålar i urladdningsrör innehållande förtunnade gaser, vilkas studium varit av utomordentlig betydelse för vår kunskap om atomernas och molekylernas fysiska egenskaper. Till följd av det sätt, på vilket de uppkomma, benämnde Goldstein dem kanalstrålar. Genom Willy Wiens och J. J. Thomsons undersökningar är bevisat, att största delen av desamma består av positivt laddade atomer från gasen i urladdningsröret, vilka med en mycket stor hastighet förflyttas längs strålen.

På sin väg längs strålen sammanstöta dessa kanalstrålepartiklar oupphörligen med i röret befintliga gasmolekyler, varvid ljusemission kan förväntas inträda, om rörelseenergien är tillräckligt stor. Redan 1902 förutsade Stark, att de i rörelse varande kanalstrålepartiklarna härvid bliva självlysande, och att följaktligen linjerna i det spektrum, de utsända, böra vara förskjutna åt spektrums violetta ända, i fall man viserar i riktning mot deras rörelse, på samma sätt som linjerna i spektra hos de stjärnor, som röra sig mot oss; och då denna förskjutning, den s. k. Dopplereffekten, växer med ljuskällans hastighet, borde det även vara möjligt att bestämma kanalstråleparticklarnes hastighet.

År 1905 lyckades det Stark för första gången att påvisa detta fenomen i ett kanalstrålerör innehållande vätgas. Vid var och en av de bekanta vätgaslinjerna, tillhörande den s. k. Balmerska serien, uppträdde en ny, bredare linje, som låg intill den förra åt spektrums violetta sida, om man observerar i riktning mot kanalstrålarne, men åt spektrums röda sida, om man observerar i riktning längs desamma. Den här nämnda effekten är, förutom vid vätgas, konstaterad vid kanalstrålar av alla kemiska element, som i detta avseende blivit undersökta.

Genom denna upptäckt, där för första gången en Dopplereffekt blivit påvisad vid jordiska ljuskällor, är ådagalagt, att kanalstrålepartiklarne äro självlysande atomer eller atomioner. Det fortsatta studiet av Dopplereffek-

ten i dessas spektra, vilket huvudsakligen utförts av Stark och hans lärjungar, har givit utomordentligt viktiga resultat såväl beträffande kanalstrålarna själva, deras uppkomst m. m. som ock beträffande naturen hos de olika spektra, som ett och samma kemiska element under olika förhållanden kan utsända.

Vid en undersökning av kanalstrålar i ett rör, innehållande vätgas, vilka genomgingo ett starkt elektriskt fält, observerade Stark år 1913 en utbredning av linjerna i vätgasens spektrum. Ett närmare studium av denna utbredning visade, att linjerna uppdelades i flera komponenter med karakteristiskt polarisationstillstånd. Ehuru denna uppdelning bäst observeras vid kanalstrålarna, har den likväl intet att göra med atomernas rörelse utan beror blott och bart på det förhållandet, att de befinna sig i ett yttre starkt elektriskt fält.

Härmed var en upptäckt gjord, analog med den på sin tid av akademien prisbelönta Zeemanska upptäckten av serielinjernas uppdelning av ett yttre starkt magnetiskt fält.

Förutom vid vätgas är denna linjeuppdelning i elektriska fält påvisad och uppmätt av Stark i linjespektra hos en stor mängd ämnen och av dessa undersökningar har framgått, att (den efter honom benämnda effekten i flera hänseenden förhåller sig helt olika mot. Zeemaneffekten och att alltså) den optiska dynamiken i atomerna förändras på ett helt annat sätt under inflytande av ett *elektriskt* fält än av ett *magnetiskt*.

Den av Stark funna effekten har varit av utomordentlig betydelse för de moderna undersökningarna över atomernas struktur och öppnat nya fält för studiet av atomionernas inverkan på varandra och på molekylerna. De teoretiska undersökningar, genom vilka man med en beundransvärd exakthet lyckats återgiva de synnerligen invecklade förhållanden, denna effekt företer i vätgasens och heliums spektralserier, bilda ett av de starkaste stöden för den moderna föreställningen om atomernas inre byggnad.

Med hänsyn till den stora innebörd, Starks arbeten sålunda visat sig äga för den fysiska forskningen inom skilda, mycket viktiga områden, har Kungl. Vetenskapsakademien ansett sig äga fullgoda skäl, då den beslutat att tilldela honom 1919 års fysiska Nobelpris.

Herr Professor Stark! Unsere Akademie der Wissenschaften hat Ihnen den physikalischen Nobelpreis für 1919 zuerteilt als Anerkennung Ihrer epochemachenden Untersuchungen über den sogenannten Dopplereffekt der Kanalstrahlen, wodurch ein Einblick in die Realität der inneren Struktur der Atome und der Moleküle gewonnen ist. Der Nobelpreis bezieht sich

auch auf Ihre Entdeckung der Verteilung der Spektrallinien in elektrischen Feldern, eine Entdeckung, die von der grössten wissenschaftlichen Bedeutung ist.

Ich ersuche Sie jetzt, Herr Professor, den Nobelpreis vom Präsidenten der Nobelstiftung empfangen zu wollen.

PHYSIKALISCHER NOBELPREIS FÜR 1919.

Der Präses der Kgl. Akademie der Wissenschaften, Oberingenieur Dr. Å. G. EKSTRAND, hielt nachstehende Ansprache:

Die Kgl. Akademie der Wissenschaften hat beschlossen, den physikalischen Nobelpreis für 1919 dem Professor an der Universität Greifswald Dr. JOHANNES STARK für seine Entdeckung des Dopplereffekts bei Kanalstrahlen und der Aufteilung von Spektrallinien in elektrischen Feldern zuzuerteilen.

Selten dürfte wohl das Studium eines physikalischen Phänomens zu einer solchen glänzenden Reihe wichtiger Entdeckungen geführt haben wie jenes, welches entsteht, wenn ein elektrischer Strom durch ein verdünntes Gas geleitet wird. Schon 1869 hatte Hittorf entdeckt, dass bei niedrigen Drucken in Entladungsröhren von der negativen Elektrode, der sog. Kathode, Strahlen ausgehen, die zwar dem Auge unsichtbar sind, die aber durch gewisse eigentümliche Wirkungen beobachtet werden können. Das fortgesetzte Studium dieser Kathodenstrahlen, um das sich besonders Lenard grosse Verdienste erworben hat, zeigte, dass diese aus einem Strom negativ geladener Partikelchen bestehen, deren Masse nur 1/1800 der Masse des Wasserstoffatoms beträgt. Wir nennen diese kleinen Partikeln Elektronen, und aus dem Studium der Eigenschaften der Elektronen und ihres Verhältnisses zur Materie ist nach und nach eine der führenden Theorien der modernen Physik erwachsen. Sowohl innerhalb der Physik wie der Chemie ist die Elektronentheorie mit ihrer Vorstellung von der Konstitution der Materie von tiefgreifendster Bedeutung gewesen.

Wenn Kathodenstrahlen auf einen Körper fallen, wird dieser zur Quelle einer neuen Strahlung, nämlich der von Röntgen 1895 entdeckten, von ihm so genannten X-Strahlen, deren Studium zu so vielen bedeutungsvollen Resultaten für grosse Wissenschaftszweige auch ausserhalb der Physik geführt hat. Durch v. Laues Entdeckung der Diffraktion der Röntgenstrahlen in Kristallen wurde nachgewiesen, dass diese Strahlen Lichtwellen von sehr

kleiner Wellenlänge sind. Es ist nunmehr möglich, die Spektren dieser Strahlen sogar zu photographieren, und die Wissenschaft ist hierdurch mit einem Forschungsmittel bereichert worden, dessen Tragweite nicht zu überschauen ist.

v. Laues Entdeckung hat auch bedeutsame Entdeckungen auf dem Gebiete der Kristallographie veranlasst. Es ist nunmehr möglich, seitdem Vater und Sohn Bragg hierfür theoretische und experimentelle Methoden ausgearbeitet haben, die Lage der Atome in Kristallen zu bestimmen. Durch diese Methoden ist eine ganz neue Welt erschlossen und bereits teilweise erforscht worden.

Nicht minder bedeutungsvoll war Barklas Entdeckung im Jahre 1906, dass jedes chemische Element bei Bestrahlung durch Röntgenstrahlen ein Röntgenspektrum aussendet, das für das fragliche Element charakteristisch ist. Für das theoretische Studium des Baues der Atome ist diese Entdeckung von eminenter Bedeutung gewesen.

Im Jahre 1886 entdeckte Goldstein eine neue Art von Strahlen in verdünnte Gase enthaltenden Entladungsröhren, deren Studium ausserordentlich wichtig für unsere Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der Atome und Moleküle gewesen ist. Im Hinblick auf ihre Entstehungsweise nannte Goldstein sie Kanalstrahlen. Durch Willy Wiens und J. J. Thomsons Untersuchungen ist bewiesen, dass der grösste Teil derselben aus positiv geladenen Atomen von dem Gase in der Entladungsröhre her besteht, welche mit einer sehr grossen Geschwindigkeit sich längs dem Strahle fortbewegen.

Auf ihrem Wege längs dem Strahle stossen diese Kanalstrahlenpartikeln unaufhörlich mit in der Röhre befindlichen Gasmolekülen zusammen, wobei zu erwarten ist, dass Lichtemission eintritt, wenn die Bewegungsenergie hinreichend gross ist. Schon 1902 sagte Stark voraus, dass die in Bewegung befindlichen Kanalstrahlenpartikeln hierbei selbstleuchtend werden, und dass folglich die Linien in dem Spektrum, das sie aussenden, nach dem violetten Ende des Spektrums hin verschoben sein müssen, wenn man in der Richtung gegen ihre Bewegung visiert, auf dieselbe Weise wie die Linien in Spektren der Sterne, die sich auf uns zu bewegen, und da diese Verschiebung, der sog. Dopplereffekt, mit der Geschwindigkeit der Lichtquelle zunimmt, so müsste es auch möglich sein, die Geschwindigkeit der Kanalstrahlenpartikeln zu bestimmen.

1905 gelang es Stark zum erstenmal, diese Erscheinung in einem Wasserstoff enthaltenden Kanalstrahlenrohr nachzuweisen. Bei einer jeden der bekannten, der sog. Balmerschen Serie angehörigen Wasserstofflinien

trat eine neue, breitere Linie auf, die neben der früheren nach der violetten Seite des Spektrums zu lag, wenn man in der Richtung gegen die Kanalstrahlen beobachtete, dagegen nach der roten Seite des Spektrums zu, wenn man in der Richtung längs denselben beobachtete. Der hier erwähnte Effekt ist ausser bei Wasserstoff bei Kanalstrahlen aller chemischen Elemente festgestellt worden, die in dieser Hinsicht untersucht worden sind.

Durch diese Entdeckung, durch die zum erstenmal ein Dopplereffekt bei irdischen Lichtquellen nachgewiesen worden ist, ist der Beweis dafür erbracht worden, dass die Kanalstrahlenpartikeln selbstleuchtende Atome oder Atomionen sind. Das weitere Studium des Dopplereffekts in ihren Spektren, das hauptsächlich von Stark und seinen Schülern betrieben worden ist, hat ausserordentlich wichtige Resultate ergeben sowohl betreffs der Kanalstrahlen selbst, ihrer Entstehung usw. als auch betreffs der Natur der verschiedenen Spektren, die ein und dasselbe chemische Element unter verschiedenen Verhältnissen aussenden kann.

Bei einer Untersuchung von Kanalstrahlen in einer Wasserstoffgas enthaltenden Röhre, welche durch ein starkes elektrisches Feld gingen, beobachtete Stark 1913 eine Ausbreitung der Linien im Spektrum des Wasserstoffs. Ein genaueres Studium dieser Ausbreitung zeigte, dass die Linien in mehrere Komponenten mit charakteristischem Polarisationszustand zerlegt wurden. Obwohl diese Zerlegung am besten bei den Kanalstrahlen zu beobachten ist, hat sie doch nichts mit der Bewegung der Atome zu tun, sondern beruht lediglich auf dem Umstande, dass sie sich in einem äusseren starken elektrischen Felde befinden.

Hiermit war eine Entdeckung gemacht analog der seinerzeit von der Akademie preisgekrönten Zeemanschen Entdeckung der Zerlegung der Serienlinien durch ein äusseres starkes magnetisches Feld.

Ausser bei Wasserstoff ist diese Linienaufteilung in elektrischen Feldern von Stark in Linienspektren einer grossen Menge Stoffe nachgewiesen und gemessen worden, und aus diesen Untersuchungen hat sich ergeben, dass (der nach ihm benannte Effekt in mehreren Hinsichten sich ganz verschieden von dem Zeemaneffekt verhält, und dass also) die optische Dynamik der Atome sich auf eine ganz andere Weise unter dem Einfluss eines *elektrischen* als unter dem eines *magnetischen* Feldes ändert.

Der von Stark gefundene Effekt ist von ausserordentlicher Bedeutung für die modernen Untersuchungen über die Struktur der Atome gewesen und hat neue Gebiete für das Studium der Einwirkung der Atomionen aufeinander und auf die Moleküle erschlossen. Die theoretischen Unter-

suchungen, durch die es gelungen ist, mit bewundernswerter Genauigkeit die sehr verwickelten Verhältnisse wiederzugeben, die dieser Effekt in den Spektralserien des Wasserstoffs und des Heliums zeigt, bilden eine der stärksten Stützen für die moderne Vorstellung von dem inneren Bau der Atome.

Mit Rücksicht auf die grosse Bedeutung, die Starks Arbeiten so erwiesenermassen für die physikalische Forschung innerhalb verschiedener sehr wichtiger Gebiete besitzen, hat die Kgl. Akademie der Wissenschaften es für wohlbefugt erachtet, diesem Forscher den physikalischen Nobelpreis für 1919 zu verleihen.

Herr Professor Stark! Unsere Akademie der Wissenschaften hat Ihnen den physikalischen Nobelpreis für 1919 zuerteilt als Anerkennung Ihrer epochemachenden Untersuchungen über den sogenannten Dopplereffekt der Kanalstrahlen, wodurch ein Einblick in die Realität der inneren Struktur der Atome und der Moleküle gewonnen worden ist. Der Nobelpreis bezieht sich auch auf Ihre Entdeckung der Verteilung der Spektrallinien in elektrischen Feldern, eine Entdeckung, die von der grössten wissenschaftlichen Bedeutung ist.

Ich ersuche Sie jetzt, Herr Professor, den Nobelpreis vom Präsidenten der Nobelstiftung empfangen zu wollen.

1918 ÅRS NOBELPRIS I KEMI.

(Übersetzung, S. 34.)

Kungl. Vetenskapsakademiens preses, Överingenjören d:r Å. G. EKSTRAND, yttrade:

Kungl. Svenska Vetenskapsakademien har beslutat utdela 1918 års Nobelpris i kemi åt föreståndaren för Kaiser Wilhelm institutet i Dahlem vid Berlin Geheimrat Professor FRITZ HABER för hans metod att syntetiskt framställa ammoniak ur dess elementer, kväve och väte.

I enlighet med naturens hushållsplan bibehåller sig under normala förhållanden en åkerjords bördighet undan för undan, ifall skördarnas avfallsprodukter åter tillföras densamma, men fordras det en väsentligen ökad produktivitet, så måste mera gödningsämnen användas. Då nu emellertid en stor del av årsgrödan förtäres av den år efter år tillväxande stadsbefolkningen och städernas avfallsämnen endast i mycket ofullständig grad åter tillföras den odlade jorden, bliver den nödvändiga följden, att jorden utarmas och skördarnas mängd avtager. En konsekvens härav har blivit framställningen av artificiella gödselmedel, vilka också år efter år faktiskt vunnit i betydelse och det i sådan grad, att åtminstone i Europa knappast något land finnes, som kan helt undvara dylika.

Bland dessa medel intaga de kvävehaltiga en särskild ställning, därför att åkerjorden såsom regel ej äger ett större förråd därav, som kan genom vittring göras tillgängligt för växternas behov, såsom förhållandet är med fosforsyra och kali, vartill kommer, att en del av det effektiva kvävet under dess kretsprocess övergår i ineffektivt luftkväve. Visserligen ersättes delvis denna förlust genom nederbörden och genom bakteriers verksamhet, men erfarenheten har dock hittills givit vid handen, att en intensiv växtkultur ej kan vidmakthållas utan artificiell kvävegödsel. Detta gäller framför allt beträffande odlingen av en av nutidens förnämligare kulturväxter nämligen sockerbetan.

Utav artificiella kväveföreningar hade man under lång tid endast tvenne nämligen kalisalpeter och salmiak. De äldre metoder, enligt vilka dessa framställdes, hava dock, åtminstone för Europa och Amerika, upphört att spela någon roll efter chilesalpeterns tillkomst och tillgodogörandet av biprodukterna vid stenkolens torrdestillation.

Åtgången av chilesalpeter torde väl vara omkring 500,000 ton per år eller däröver beräknad såsom kväve. Under normala förhållanden användes den ojämförligt största delen av denna salpeter till gödseländamål. Den frågan har också länge stått på dagordningen: huru länge kan man anse, att Chiles salpeterlager komma att räcka? De chilenska myndigheterna ha haft mycket växlande uppgifter härom.

Sakkunniga i Europa anse, att med nuvarande produktion komma de att uttömmas inom en överskådlig framtid.

Härmed må nu vara hur som helst. Det långvariga världskriget har tillfullo visat behovet av, att varje land i görligaste grad inrättar sig så, att det kan producera sina nödvändighetsartiklar inom egna landamären.

Då nu salpeter är att räkna i främsta ledet av sådana varor, särskilt i länder som sakna större tillgång på stenkol eller billig arbetskraft, har den artificiella framställningen av ammoniak och salpetersyra fått en ofantligt ökad vikt och betydelse.

Ett ämne, som står på övergången emellan naturprodukt och artificiell vara, är den ammoniak, som erhålles genom torrdestillation av stenkol och brunkol. Denna ammoniak stammar från dessa minerals halt av kväve, som är omkring 1,3 % av vikten, varav dock största delen, omkring 85 %, stannar kvar i koksen eller frigöres vid destillationen såsom kväve.

Under detta århundrades första årtionde framkommo flera metoder gå ende ut på att binda luftens kväve, av vilka dock endast några få kommit över försöksstadiet. Den första av dessa var Frank Caros cyanamidmetod. Visserligen synes kalciumcyanamiden ej fullt ha motsvarat de förväntningar, man ställt på densamma såsom gödselmedel, men, då kvävet däri relativt lätt kan överföras i ammoniak, har detta hittills icke utgjort något hinder för metodens användande i allt större skala.

På basis av termodynamikens ledande principer kunna alla kvantitativa förhållanden beträffande kvävets förbränning i luften till kväveoxid beräknas. Det var som bekant Birkeland-Eyde som först på ett tillfredsställande sätt tillämpade dessa inom tekniken.

Ända till 1904 hade man ej kunnat konstatera en direkt förening av kväve och väte till ammoniak utan hjälp av den dunkla elektriska urladd-

ningen, oaktat det genom Berthelots och Thomsons försök vara ådagalagt, att denna förening försiggår exotermiskt. Med nuvarande erfarenhet till hjälp finna vi lätt, att detta negativa resultat berodde på reaktionens tröghet vid låg och ogynnsamma jämviktsförhållanden vid hög temperatur. Visserligen hade Ramsay och Young redan 1884 gjort en del ditåt syftande försök med järnpulver som katalysator, dock med osäkra resultat.

År 1904 började Haber och van Oordt en metodisk genomarbetning av hithörande område baserad på moderna fysikaliskt-kemiska metoder, sedan ett enkelt föregående försök av Haber hade ingivit honom förhoppning om möjligheten av problemets lösning. De arbetade vid en temperatur av omkring 1,000° och vanligt tryck och med järn såsom katalysator. Av dessa försök framgick, att från begynnande rödglödgning uppåt endast spår av ammoniak kunde bildas, vilket ock gäller för högre tryck.

Det var ock i detta arbete som för första gången experimentellt ådagalades, att ett verkligt jämviktsläge existerar i systemet $N + H_3 \rightleftarrows NH_3$, vilket är själva basen för ammoniaksyntesen.

I Z. f. Elektrochemie för 1913 föreligger Habers och Le Rosignols praktiskt viktigaste hithörande avhandling: »Über die technische Darstellung von Ammoniak aus Elementen». Denna avhandling har utgjort basis för utarbetandet av metoden i fabriksskala vid Badische Anilin- und Sodafabrik i Ludwigshafen, vilket skett i det huvudsakliga under ledning av d:r K. Bosch.

Föregående försök hade lärt lönlösheten i att gå över dunkel rödglödgning eller cirka 600°. Å andra sidan visade reaktionsformeln, att föreningen sker under kontraktion från 4 till 2 volymer.

Av jämviktslagen följer, att jämviktsläget måste förskjuta sig åt ammoniaksidan mera ju högre trycket är. Principerna voro härmed givna. Man måste arbeta vid en temperatur av omkring 500° och vid högsta möjliga tryck, som praktiskt visade sig vara 150—200 atm. Det var även antagligt, att detta höga tryck skulle fördelaktigt påskynda reaktionshastigheten. Men att arbeta med en strömmande gas i ett cirkulationssystem vid sådant högtryck och en temperatur av nära rödglödgning erbjöd emellertid synnerligen stora svårigheter och hade aldrig förut blivit försökt. Detta lyckades dock fullkomligt. Avhandlingen i fråga innehåller utförliga ritningar av de apparater, som konstruerades och varmed kunde erhållas med järn som katalysator cirka 250 g. ammoniak per timme och liter kontaktrum; med uran och osmium som katalysator väsentligt mera.

Uppvärmningen är elektrisk. Då emellertid det ur apparaten utgående

värmet till största delen regenereras i de inträdande gaserna, kan den nödiga temperaturen i det väsentliga vidmakthållas genom det regenererade och vid ammoniakbildningen frigjorda värmet tillsammans. Ett särdeles viktigt moment i Habers iakttagelser är, att man kan giva gaserna en stor rörelsehastighet vid reaktionen, vilket naturligtvis i hög grad ökar den på tidsenhet erhållna ammoniakmängden.

Såsom bästa katalysatorämne fann Haber osmium, därnäst uran eller urankarbid. Enligt huvudsakligen vid Badische-fabriken anställda försök kan kontaktämnet i sin verkan både förhöjas t. ex. genom oxider och vissa salter av alkali- och de alkaliska jordartmetallerna men också sänkas genom kontaktgifter. Efter hand hava allt verksammare katalysatorer uppfunnits Härigenom har trycket i apparaten väsentligen kunnat nedsättas.

År 1910 började uppförandet av den första stora fabriken vid Oppau nära Frankfurt am Main med en beräknad kapacitet av 30,000 ton ammoniak per år.

Utgångsmaterialierna, kvävgas och vätgas, framställas enligt förut kända metoder.

Kraftförbrukningen vid ammoniakprocessen är minimal. Per kg. ammoniak åtgår endast 0,5 kw.-timme. Per kilowattår bindes sålunda ej mindre än 10,000 kg. kväve.

Då jämviktsläget i reaktionen bland annat beror på ammoniakens bildningsvärme och dess spec. värme, har Haber i en följd av 7 avhandlingar i Z. f. Elektrochemie 1914—15 redogjort för utförligt beskrivna försök att med största möjliga precision bestämma dessa tal.

Då ammoniak enligt Ostwalds modifierade metod kan överföras i salpetersyra och denna i kalksalpeter bliver förhållandet mellan totalkostnaderna för kalksalpeterframställningen enligt föreliggande beräkningar ungefär följande:

Norsk Hydro	Haber	Frank Caro
100	103	117

eller med andra ord, de äro desamma för de båda förra, men cirka 15 % högre för den sista.

Då nu av de tre existerande kvävemetoderna den Haberska är den enda, som är oberoende av tillgång på billig vattenkraft, så kan den i framtiden komma till användning i alla länder, då den vidare kan utföras i vad skala som helst, och då den enligt det ovan anförda producerar ammoniak väsentligt billigare och nitrater lika billigt som någon annan metod, så är den för folknäringens höjande av verkligen universell betydelse och sålunda

för hela mänskligheten av allra största gagn. Tysklands Haberfabriker, särskilt de sist uppförda Leunaverken vid Merseburg äro ock i full verksamhet och torde för närvarande producera den ojämförligt största delen av allt i Tyskland tillgängligt gödselkväve. Dessutom har metoden redan kommit till en betydande användning i Amerikas Förenta Stater.

Herr Geheimrat, Professor Haber! Die hiesige Akademie der Wissenschaften hat Ihnen den chemischen Nobelpreis für 1918 zuerteilt als Belohnung Ihrer grossen Verdienste um die Lösung des Problemes, den Luftstickstoff mit dem Wasserstoffe direkt zu Ammoniak zu vereinigen. Es ist schon mehrmals versucht worden dieses Problem zu lösen, aber die industrielle Lösung ist erst Ihnen, Herr Geheimrat, gelungen und somit auch ein überaus wichtiges Mittel zur Hebung der Landwirtschaft und des Wohlstandes der Menschheit geschaffen. Wir beglückwünschen Sie zu diesem Triumph im Dienste Ihres Landes und der ganzen Menschheit. Belieben Sie nun, Herr Professor, den Preis vom Präsidenten der Nobelstiftung zu empfangen.

CHEMISCHER NOBELPREIS FÜR 1918.

Der Präses der Kgl. Akademie der Wissenschaften, Oberingenieur Dr. Å. G. EKSTRAND hielt folgende Ansprache:

Die Kgl. Schwedische Akademie der Wissenschaften hat beschlossen, den chemischen Nobelpreis für 1918 dem Vorsteher des Kaiser-Wilhelm-Instituts in Dahlem bei Berlin Geheimrat Professor Dr. FRITZ HABER für seine Methode einer synthetischen Darstellung von Ammoniak aus seinen Elementen, Stickstoff und Wasserstoff, zu verleihen.

In Übereinstimmung mit dem Wirtschaftsplan der Natur erhält sich unter normalen Verhältnissen die Fruchtbarkeit eines Ackerbodens auf gleicher Höhe, wenn die Abfallsprodukte der Ernten demselben wieder zugeführt werden; wird von ihm aber eine wesentlich erhöhte Produktivität verlangt, so müssen mehr Düngstoffe angewandt werden. Da nun indessen ein grosser Teil der Jahresernte von der Jahr für Jahr anwachsenden städtischen Bevölkerung verzehrt wird, und die Abfallstoffe der Städte nur in sehr unvollständigem Grade dem bebauten Boden wieder zugeführt werden, so ist die notwendige Folge die, dass der Boden erschöpft wird und die Ertragsmenge der Ernten abnimmt. Eine Folge hiervon wiederum ist die Herstellung künstlicher Düngemittel gewesen, die auch mit jedem Jahre tatsächlich an Bedeutung gewonnen haben, und dies in solchem Grade, dass es wenigstens in Europa kaum ein Land giebt, das ihrer gänzlich entraten kann.

Unter diesen Mitteln nehmen die stickstoffhaltigen eine besondere Stellung deshalb ein, weil der Ackerboden in der Regel keinen grösseren Vorrat davon besitzt, der durch Verwitterung für die Bedürfnisse der Pflanzen freigemacht würde, wie dies bei Phosphorsäure und Kali der Fall ist, wozu noch kommt, dass ein Teil des effektiven Stickstoffs während seines Kreisprozesses in ineffektiven Luftstickstoff übergeht. Zwar wird teilweise dieser Verlust durch die Niederschläge und durch die Tätigkeit von Bakterien er-

setzt, die Erfahrung hat aber doch bisher gezeigt, dass eine intensive Pflanzenkultur ohne künstliche Stickstoffdüngung nicht aufrechterhalten werden kann. Dies gilt vor allem für den Anbau einer der wichtigsten Kulturpflanzen der Gegenwart, der Zuckerrübe.

Von künstlichen Stickstoffverbindungen hatte man während langer Zeit nur zwei, nämlich Kalisalpeter und Salmiak. Die älteren Methoden, nach denen diese dargestellt wurden, haben jedoch, wenigstens für Europa und Amerika, aufgehört, eine Rolle zu spielen, nachdem der Chilesalpeter auf den Plan getreten und man gelernt hat, die Nebenprodukte bei der Trockendestillation der Steinkohle für diese Zwecke zu verwerten.

Der Verbrauch von Chilesalpeter dürfte wohl gegen 500,000 Tonnen im Jahre oder mehr, als Stickstoff berechnet, betragen. Unter normalen Verhältnissen wird der unvergleichlich grösste Teil dieses Salpeters zu Düngungszwecken verwendet. Die Frage hat auch lange auf der Tagesordnung gestanden: wie lange darf man erwarten, dass die Salpeterlager Chiles reichen? Die chilenischen Behörden liefern sehr verschiedene Angaben hierüber.

Sachverständige in Europa sind der Ansicht, dass sie bei der gegenwärtigen Produktion in absehbarer Zukunft erschöpft sein werden.

Sei dem nun, wie ihm wolle. Der langwierige Weltkrieg hat zur Genüge die Notwendigkeit für jedes Land erwiesen, sich möglichst so einzurichten, dass es seinen Bedarf an diesen Stoffen innerhalb der eigenen Grenzen herstellen kann.

Da nun der Salpeter zu den wichtigsten solcher Waren zu zählen ist, besonders in Ländern, die nicht über grössere Vorräte von Steinkohlen oder billiger Wasserkraft verfügen, so hat die künstliche Darstellung von Ammoniak und Salpetersäure eine ungeheure, erhöhte Bedeutung erhalten.

Ein Stoff, der auf dem Übergang zwischen Naturprodukt und künstlicher Ware steht, ist der Ammoniak, der durch Trockendestillation von Steinkohle und Braunkohle erhalten wird. Dieser Ammoniak stammt von dem Gehalt der genannten Mineralien an Stickstoff her, der ungefähr 1,3 % des Gewichts beträgt, wovon jedoch der grösste Teil, etwa 85 %, im Koks zurückbleibt oder bei der Destillation als Stickstoff frei wird.

Während des ersten Jahrzehntes dieses Jahrhunderts wurden mehrere Methoden veröffentlicht, die darauf ausgingen, den Stickstoff der Luft zu binden. Nur wenige von ihnen gelangten jedoch über das Versuchsstadium hinaus. Die erste von diesen war Frank Caros Cyanamidmethode. Zwar scheint das Kalciumcyanamid nicht völlig den Erwartungen entsprochen zu

haben, die man an dasselbe als Düngemittel gestellt hatte, da aber der Stickstoff darin relativ leicht in Ammoniak übergeführt werden kann, hat dies bisher kein Hindernis für die Anwendung der Methode in immer grösserem Massstabe gebildet.

Auf der Basis der leitenden Prinzipien der Thermodynamik können alle quantitativen Verhältnisse betreffs der Verbrennung des Stickstoffs in der Luft zu Stickstoffoxyd berechnet werden. Es waren, wie bekannt, Birkeland-Eyde, die zuerst auf befriedigende Weise diese innerhalb der Technik zur Anwendung brachten.

Bis 1904 hatte man nicht vermocht, eine direkte Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak ohne Hilfe der dunklen elektrischen Entladung zu konstatieren, obwohl durch Berthelots und Thomsons Versuche bewiesen war, dass diese Verbindung exothermisch vor sich geht. Gestützt auf die uns jetzt zur Verfügung stehende Erfahrung, erkennen wir leicht, dass dieses negative Ergebnis auf der Trägheit der Reaktion bei niedriger und ungünstigen Gleichgewichtsverhältnissen bei hoher Temperatur beruhte. Freilich hatten Ramsay und Young schon 1884 einige darauf gerichtete Versuche mit Eisenpulver als Katalysator angestellt, jedoch mit unsicheren Resultaten.

Im Jahre 1904 begannen Haber und van Oordt eine methodische Durcharbeitung des hier fraglichen Gebiets, gegründet auf moderne physikalisch-chemische Methoden, nachdem ein einzelner vorhergehender Versuch in Haber die Hoffnung auf die Möglichkeit der technischen Lösung des Problems erweckt hatte. Sie arbeiteten mit einer Temperatur von etwa 1,000° und gewöhnlichem Druck und mit Eisen als Katalysator. Aus diesen Versuchen ging hervor, dass von beginnender Rotglut an aufwärts nur Spuren von Ammoniak gebildet werden konnten, was auch für höhere Drucke gilt.

Es war auch diese Arbeit, in der zum erstenmal experimentell bewiesen wurde, dass eine wirkliche Gleichgewichtslage in dem System $N + H_3 \rightleftarrows NH_3$ existiert, was die eigentliche Basis für die Ammoniaksynthese ist.

In der Zeitschr. f. Elektrochemie 1913 liegt Habers und Le Rosignols praktisch wichtigste diesbezügliche Abhandlung vor: »Über die technische Darstellung von Ammoniak aus Elementen«. Diese Abhandlung hat die Grundlage für die Ausarbeitung der Methode in Fabrikskala an der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen gebildet, welche Ausarbeitung der Hauptsache nach unter Leitung von Dr. K. Bosch geschehen ist.

Frühere Versuche hatten die Nutzlosigkeit gelehrt, über Dunkelrotglut, d. h. etwa 600°, hinauszugehen. Andererseits zeigte die Reaktionsformel, dass die Vereinigung sich unter Kontraktion von 4 auf 2 Volumina vollzieht.

Aus dem Gleichgewichtsgesetz folgt, dass die Gleichgewichtslage sich um so mehr nach der Ammoniakseite hin verschieben muss, je höher der Druck ist. Die Prinzipien waren hiermit gegeben. Man musste mit einer Temperatur von etwa 500° und bei höchstmöglichem Druck arbeiten, welch letzterer sich praktisch als 150—200 Atm. erwies. Es war auch anzunehmen, dass dieser hohe Druck die Reaktionsgeschwindigkeit vorteilhaft beeinflussen würde. Mit einem strömenden Gas in einem Zirkulationssystem bei solchem Hochdruck und einer Temperatur von nahezu Rotglut zu arbeiten, bot indessen sehr grosse Schwierigkeiten dar und war zuvor nie versucht worden. Dies gelang jedoch vollständig. Die fragliche Abhandlung enthält ausführliche Zeichnungen von den Apparaten, die konstruiert worden waren, und mittelst deren mit Eisen als Katalysator etwa 250 g Ammoniak pro Stunde und Liter Kontaktraum erhalten werden konnte; mit Uran und Osmium als Katalysator wesentlich mehr.

Die Erwärmung geschieht elektrisch. Da indessen die aus dem Apparat entweichende Wärme zum grössten Teil in den eintretenden Gasen regeneriert wird, so kann die erforderliche Temperatur im wesentlichen durch die regenerierte und bei der Ammoniakbildung frei werdende Wärme zusammen aufrechterhalten werden. Ein sehr wichtiges Moment in Habers Beobachtungen ist, dass man den Gasen eine grosse Bewegungsgeschwindigkeit bei der Reaktion geben kann, was natürlich in hohem Grade die für die Zeiteinheit erhaltene Ammoniakmenge erhöht.

Als besten Katalysatorstoff fand Haber Osmium, demnächst Uran oder Urankarbid. Nach hauptsächlich bei der Badischen Fabrik angestellten Versuchen kann der Kontaktstoff in seiner Wirkung sowohl z. B. durch Oxyde und gewisse Salze der Alkali- und der alkalischen Erdmetalle erhöht, als auch andererseits durch Kontaktgifte gesenkt werden. Nach und nach sind immer wirksamere Katalysatoren aufgefunden worden. Hierdurch hat der Druck in dem Apparat wesentlich herabgesetzt werden können.

Im Jahre 1910 wurde mit der Errichtung der ersten grossen Fabrik bei Oppau in der Nähe von Frankfurt am Main mit einer berechneten Kapazität von 30,000 Tonnen Ammoniak jährlich begonnen.

Die Ausgangsmaterialien, Stickstoff und Wasserstoff, werden nach zuvor bekannten Methoden dargestellt.

Der Kraftverbrauch bei dem Ammoniakprozess ist minimal. Er stellt

sich pro kg Ammoniak auf nur 0,5 Kilowattstunden. Pro Kilowattjahr werden also nicht weniger als 10,000 kg Stickstoff gebunden.

Da die Gleichgewichtslage in der Reaktion unter anderem von der Bildungswärme des Ammoniaks und seiner spez. Wärme abhängt, hat Haber in einer Folge von 7 Abhandlungen in der Zeitschr. f. Elektrochemie 1914—15 über ausführlich beschriebene Versuche berichtet, mit grösstmöglicher Präzision diese Zahlen zu bestimmen.

Da Ammoniak nach Ostwalds modifizierter Methode in Salpetersäure und diese in Kalksalpeter übergeführt werden kann, so gestaltet sich das Verhältnis zwischen den Gesamtkosten für die Kalksalpeterdarstellung den vorliegenden Berechnungen gemäss ungefähr folgendermassen:

Norwegisch Hydro	Haber	Frank Caro
100	103	117,

mit anderen Worten, sie sind die gleichen für die beiden ersteren Methoden, dagegen etwa 15 % höher für die letztere.

Da nun von den drei existierenden Stickstoffmethoden die Habersche die einzige ist, die von dem Vorhandensein billiger Wasserkraft unabhängig ist, so kann sie in Zukunft in allen Ländern zur Anwendung kommen; da sie ferner in beliebig grossem Massstabe ausgeführt werden kann, und da sie dem Obigen gemäss Ammoniak wesentlich billiger und Nitrate ebenso billig wie irgend eine andere Methode erzeugt, so ist sie für die Hebung der Volksernährung von wirklich universaler Bedeutung und demnach für die ganze Menschheit von allergrösstem Nutzen. Deutschlands Haberfabriken, insbesondere die zuletzt errichteten Leunawerke bei Merseburg, sind auch in voller Tätigkeit und dürften gegenwärtig den unvergleichlich grössten Teil alles in Deutschland erhältlichen Düngerstickstoffs erzeugen. Ausserdem ist die Methode bereits zu umfangreicher Anwendung in den Vereinigten Staaten Nordamerikas gekommen.

Herr Geheimrat Professor Haber! Die hiesige Akademie der Wissenschaften hat Ihnen den chemischen Nobelpreis für 1918 zuerteilt als Belohnung Ihrer grossen Verdienste um die Lösung des Problemes, den Luftstickstoff mit dem Wasserstoff direkt zu vereinigen. Es ist schon mehrmals versucht worden, dieses Problem zu lösen, aber die industrielle Lösung ist erst Ihnen, Herr Geheimrat, gelungen und somit auch ein überaus wichtiges Mittel zur Hebung der Landwirtschaft und des Wohlstandes der Menschheit geschaffen. Wir beglückwünschen Sie zu diesem Triumph im Dienste Ihres Landes und der ganzen Menschheit. Belieben Sie nun, Herr Professor, den Preis vom Präsidenten der Nobelstiftung zu empfangen.

LE BANQUET NOBEL.

Le même jour à 7 heures ½ du soir, se réunirent au restaurant Hasselbacken, outre les invités, un grand nombre de dames et de messieurs en un banquet solennel.

Parmi les invités, on remarquait, outre les lauréats de l'année et des années précédentes, Son Excellence M. le Ministre de Affaires étrangères Baron PALMSTIERNA le Chancelier de l'Université M. SCHWARTZ etc.

Le président du conseil d'administration de la Fondation Nobel, M. le professeur SCHÜCK, qui présidait le banquet, porta la santé de S. M. le Roi.

Son Exc. M. le Ministre des Affaires étrangères Baron PALMSTJERNA rendit hommage à la mémoire d'ALFRED NOBEL.

Le discours solennel pour les lauréats de l'année fut prononcé par le président de l'Académie des Sciences, M. l'ingénieur en chef Å. G. EKSTRAND, qui s'exprima ainsi:

Meine Damen und Herren!

Mit diesem Jahre ist eine Veränderung des Nobeltages eingetreten. Früher ist der 10 Dezember als solcher gefeiert worden; jetzt ist ein Sommertag dazu gewählt. Man kann wohl sagen, dass unser Norden seine Schönheiten sowohl im Winter wie im Sommer hat; vielleicht werden doch Viele die hellere und wärmere Jahreszeit vorziehen. Die Sonne steht jetzt lange hoch am Himmel, und besonders von dieser Stelle aus, von dem in Stockholm altberühmten Hasselbacken, geniesst man bei günstigem Wetter den Zauber unserer hellen Sommernächte.

Es ist für uns Schweden immer ein angenehmes Geschäft die Nobelpreise zu vergeben, denn nach dem Testamente des Donators sollen die Preise als Belohnung angesehen werden für die Arbeiten und Erfindungen, die der Menschheit den grössten Nutzen erwiesen haben. Es kann daher kein Wunder nehmen, dass wir mit grossem Neugier die berühmten Damen

und Herren betrachten, die als der ganzen Menschheit Wohltäter bescheinigt sind.

Der Nobelpreis 1918 für Chemie betrifft ein Verfahren vom Geheimrat, Professor Haber zur Gewinnung von Ammoniak aus Luftstickstoff und Wasserstoff. Das für die Landwirtschaft und somit für die Volksnahrung überaus wichtige Ammoniak wird nach diesem Verfahren in beliebigen Mengen und verhältnissmäsig billig gewonnen.

Die Preise 1918 und 1919 für Physik betreffen Professor Starks Entdeckung des so genannten Dopplereffektes bei Kanalstrahlen und der Verteilung der Spektrallinien in den elektrischen Feldern sowie auch Geheimrat Professor Plancks Entdeckung der Elementarquanta. Obwohl ich diese Entdeckungen hier nicht näher karakterisieren kann, möchte ich doch sagen, dass sie bisher unbekannte Naturgesetze enthüllt und somit ein tieferes Eindringen in die Geheimnisse der Natur ermöglicht haben. Jedermann versteht was solche Entdeckungen für die Wissenschaft bedeuten. Meine Herren, die Sie heute mit Nobelpreisen gekrönt worden sind, ich habe die Ehre Ihnen die herzlichsten Glückwünsche der hier anwesenden Schweden und ich darf wohl sagen des ganzen schwedischen Volkes auszusprechen, und ich erhebe mein Glas auf Ihr Wohl. Es leben hoch die Herren Haber, Stark, und Planck. Ett fyrfaldigt ljudeligt svenskt hurra, leve de!

Ce discours fut accueilli par de vifs applaudissements.

M. le professeur M. PLANCK répondit, en son nom et au nom des deux autres lauréats, en ces termes:

Meine hochverehrten Damen und Herren! Gestatten Sie mir gütigst, in aller Kürze, zugleich im Namen meiner Collegen HABER und STARK, auf die freundlichen soeben gehörten Worte zu erwidern. Je lebhafter die Eindrücke dieser festlichen Tage auf mich einstürmen und je tiefer sich das Bewusstsein der Dankesschuld für Alles, was ich hier erfahren und erlebt, festzusetzen beginnt, um so schwieriger will mir die Aufgabe erscheinen, für meine Gedanken die richtige Fassung zu finden und alles das, was uns in dieser Stunde bewegt, wahrheitsgemäss zu schildern. Und dennoch ist es mir auch wieder ein Herzensbedürfnis, von dem zu reden, was uns hier die Seele erfüllt.

Der Gelehrte ist es gewohnt, den Lohn für seine Leistungen in der Arbeit selber zu finden. Nichts kann ihn für unausgesetzt gebrachte Opfer an äusseren Gütern, an Zeit, an Kraft, sogar an Gesundheit, besser entschädigen als das Bewusstsein, dass er Werte schafft, die ihn überdauern werden und

die ihm dafür bürgen, dass er nicht umsonst gelebt hat. Wenn nun zu diesem eigentlichen Lohn noch eine äussere Anerkennung von so einziger, weithin in aller Welt sichtbarer Art hinzukommt, wie diejenige ist, welche wir hier erfahren, so verursacht ihm das einen Eindruck, der ihn verwirrt machen würde, wenn er nicht Beruhigung fände in dem Gedanken, dass diese Ehrung von einer Seite kommt, die er als eine wahrhaft befreundete betrachten darf. Wir Deutsche empfinden es in der Tat als ein besonders hohes Glück, dass der uns erteilte Preis aus einem Lande stammt, von dem wir in guten wie in trüben Tagen stets Gutes und Freundliches erfahren haben, und wir nehmen ihn daher doppelt gern und freudig an, weil wir fühlen, dass die Spende von Herzen kommt.

Ich denke dabei nicht an uns allein, sondern auch an unsere Frauen, die hier überall mit der nämlichen Gastfreundlichkeit empfangen worden sind, und nicht nur an diese, sondern auch an andere deutsche Mütter, an tausende von deutschen Kindern, die hier in Schweden ihre Gesundheit wiedergefunden haben, und deren Dankgebete für ihre Wohltäter oft und oft zum Himmel steigen. Mit diesen Beweisen echter edler Menschlichkeit ist eine Saat ausgestreut, die nicht vergehen kann, sondern dereinst ihre Früchte tragen wird.

Für jetzt freilich ist den Gelehrten in Deutschland der Himmel schwarz behangen. Und doch sehen wir der Zukunft getrost entgegen; denn wir vertrauen auf unseren edelsten Schatz, auf unsere Arbeit. Aber die Wissenschaft ist international, das sehen wir heute zu unserer Freude, und wir spüren den Segen, der darin liegt, dass sie ein geistiges Band schlingt zwischen Männern, die sich im äusserlichen Leben in weiter Ferne gegenüberstehen, und dass eine wissenschaftliche Leistung bewertet wird ohne Rücksicht auf das Land, wo sie entstanden ist.

Nach mehrjähriger Unterbrechung wird heute zum ersten Male das Nobel-Fest wieder gefeiert. Möge von nun an die alte schöne Tradition sich wieder regelmässig erneuern, und möge der Geist der Eintracht und Harmonie, der heute in diesem Kreise waltet, vorbildlich werden für alle späteren Veranstaltungen. Zur Bekräftigung dieses Wunsches lassen Sie uns trinken auf das einträchtige Zusammenarbeiten der internationalen, insonderheit der schwedischen und der deutschen Wissenschaft!

Ce discours fut également accueilli par de vifs applaudissements.

Un peu plus tard, M. le professeur A. GULLSTRAND prit la parole et prononça pour les lauréats des années précédentes le discours suivant:

Ladies and Gentlemen!

Science can be looked upon as a living organism whose health and prosperity is dependent on a good circulation of its blood. By this circulation blood that leaves any organ is mixed up with blood from the other organs and then distributed to every part of the immense organism that fills the world. Thus in any place an appropriate organ can influence the composition of the blood and the health of science. But there are also other organs with the special function of stimulating the organism itself and its blood-circulation. An organ of this kind is the Nobel Institution, and we have been accustomed to see here an afflux of some of the very best blood of science on occasions like this. Now, during the last years, for reasons known to us all, circulation has been impaired, and therefore the Royal Academy of Science has had no opportunity until now to invite as her guests the distinguished men that have won their Nobel prizes since that fatal month of August 1914. That year the distribution of the prizes was postponed, but in 1915 two prizes were distributed both for physics and for chemistry. They were awarded to Professor von Laue of Berlin, Professor, now Sir William Bragg of London and his son, Mr Lawrence Bragg of Cambridge, Professor Richards of Cambridge in the United States and Professor Willstätter of Munich. Three years later a prize for physics was awarded to Professor Barkla of Edinburgh. Only Messrs von Laue, Willstätter and Barkla have responded to our invitation to see them here to-day.

Laureates, on behalf of the Royal Academy of Science and in the name of us all, I bid you heartily welcome. I offer you our sincere congratulations to the eminent work already done by you, and I express our confident hope that you will continue your work in the future on the same high level as before, and that science will profit by it as hitherto.

Herr Professor von Laue! Die Genialität offenbart sich manchmal in der Einfachkeit einer logischen Schlussfolgerung. Vor Ihrer epochemachenden Entdeckung konnte mit grösster Wahrscheinlichkeit ausgesagt werden, dass, wenn das Wesen der Röntgenstrahlen eine Wellenbewegung wäre, und wenn das von den Mineralogen postulierte Raumgitter der Kristalle existierte, die Grössenverhältnisse solche sein müssten, dass eine Diffraktion der Röntgenstrahlen in diesem Gitter zu erwarten wäre. Nur Sie wurden dadurch veranlasst, zu untersuchen, ob Diffraktionserscheinungen beim Durchgang der Röntgenstrahlen durch Kristalle auftreten. So haben Sie mit einem

Schlag das Wesen der Röntgenstrahlen entdeckt, die Existenz der Kristallgitter bewiesen und ein neues Gebiet der Wissenschaft entschlossen.

Herr Professor Willstätter! Die moderne organische Chemie versteht, die Bedeutung der Farbstoffe für das organische Leben zu schätzen. Die Untersuchung derselben gehört aber mit zu den allerschwierigsten. Sie haben jedoch die Schwierigkeiten bewältigt und durch Ihre bahnbrechenden Untersuchungen der Farbstoffe des Pflanzenreichs, insbesondere des Chlorophylls, einen festen Grund gelegt, auf dem die künftige Wissenschaft weiterbauen kann.

Professor Barkla! Before it was known that the nature of X-rays is the same as that of light, with a difference only in wave-length, you had found a form of polarization of those rays, and by your investigation of their absorption you had developed a form of spectroscopy, before it was known that there is a spectrum in the real sense of the word. You discovered a kind of secondary X-radiation that is independent of the chemical constitution, but characteristic of the element, and this characteristic X-radiation, now known as a line spectrum, has proved a phenomenon of fundamental importance.

Ladies and Gentlemen, I hope the presence here to-day of these distinguished guests will signify that the impaired circulation of the blood of science is going now to be re-established. With this hope in my heart I have the honour to ask you to drink to the health of Professor von Laue, Professor Willstätter and Professor Barkla.

Les vœux ardents qu'exprima l'orateur pour la reprise des relations scientifiques entre les savants des différents pays rencontrèrent dans l'assistance l'approbation générale qui se manifesta par des applaudissements enthousiastes.

A. M. le professeur GULLSTRAND succéda M. le professeur WILLSTÄTTER qui, en son nom et au nom de M. le professeur BARKLA et de M. le professeur v. LAUE, présenta de vifs remerciements.

Le Ministre des Affaires étrangères M. PALMSTIERNA remercia ceux qui avaient organisé cette belle fête.

Pendant les conversations cordiales qui suivirent le banquet, M. le professeur BARKLA prononça le chaleureux discours suivant:

Let me first say how much I regret that the British are not more fully represented at this celebration. When the invitation came to hand Professor Sir Wm Bragg had already entered into several important engagements which could not conveniently be cancelled, and unfortunately Professor W. L. Bragg did not recieve his invitation until too late to make preparations for the journey.

The Nobel Prize is without doubt the highest honour, the most coveted honour, which can be bestowed on a Scientist. There are of course very obvious reasons for this. It would be affectation on my part not to mention the monetary value of the prize; this is especially important at the present time, when rewards are given more than ever to those who can show the immediate practical results of their labours, and when those who seek knowledge and search after new methods are in danger of being left to pursue their course unrecognised and unheeded. Not only is the reward of great assistance to the scientist whose remuneration is slight; it impresses on 'the man in the street' as nothing else could, the importance of work being accomplished in a sphere far removed from his own. Further, the majority of honours are awarded with a definite and intentional bias in favour of scientists of certain nationality, whereas the Nobel awards are made without consideration either of social position or of nationality. Let me say what a unique position the Swedish Academy of Science holds among all the scientific societies of the world. It has the power such as no other body possesses, to put its stamp, — its hall-mark — upon the work of any investigator, indeed to put the stamp upon any man or woman and to mark him or her out as a person of undisputed eminence, a person whose name shall endure. This is a position of great responsibility. May I congratulate the Swedish Academy of Science on the impartiality which it has hitherto shown in its selections. The Nobel Prize is a truly international award.

So remarkable is this that even in Edinburgh people have asked if Barkla must not be a Swede, that he should receive this recognition in Sweden. Perhaps there is some excuse for this question in what appears to be the Scandinavian form of the name Barkla. I am afraid, however, I can't claim the possession of Swedish blood.

As an Englishman permit me now to say with what pleasure I learnt of the election of Professor Planck and Professor Stark to the Nobel Prizes for the years 1918 and 1919. I mention these because they have been most recently announced, and because the work for which the awards were made, being

in my own particular field of science, is familiar to me. Planck's theory of radiation and Planck's constant are on every physicist's lips. Indeed it is impossible to deliver courses of lectures to university students without repeated reference to Planck's investigations. My relations with Professor Stark have been of a somewhat more personal nature. I think I can truly say that I owe almost as much to Professor Stark as to any man for the publicity given to my own work on Röntgen radiation. For it was at Professor Starck's invitation that I gave in the Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik the first full and connected account of my investigations on Secondary Radiations. I am glad that Professor Stark's numerous and meritorious investigations have received the recognition which was their due.

I am happy to meet these distinguished Germans in this city so renowned for its hospitality. It is a privilege to visit such a city, to see its palatial buildings devoted to the study of science, and to meet its world-famous scientists — of whom I may specially mention Professor Arrhenius.

It seems to me that the Swedish Academy of Science may be qualifying for the Nobel Peace Prize. It recognises no nationality; it discourages unworthy national feeling and prejudice. We are all dwellers on this one small earth; we live one life, die one death; we have the same difficulties to contend with; we ought in common to fight the foes of ignorance and wrong.

I thank you again for your great kindness, and for a real Swedish welcome.

A la grande joie de tous les assistants, on vit les lauréats allemands lui serrer cordialement la main et lui exprimer leurs vifs remerciements.

L'agréable fête se prolongea fort avant dans la nuit.

CÉRÉMONIE DE LA DISTRIBUTION DES PRIX SUÉDOIS
LE 10 DÉCEMBRE 1920.

Les espérances qu'on avait fondées sur la célébration de la fête Nobel au printemps — en particulier l'espoir de voir le public manifester un plus vif intérêt — ne paraissant pas se réaliser, et comme il y avait certains inconvénients à trop différer la remise solennelle des prix après que le choix des lauréats avait été arrêté, les institutions suédoises chargées de distribuer les prix décidèrent de revenir à l'ancien état de choses concernant la fête. C'est ce qui explique que, pendant la même année 1920, il y ait eu une seconde cérémonie pour la remise des prix Nobel de *physique*, de *médecine* et de *littérature* dont l'attribution avait été décidée en octobre et novembre 1920.

La fête se passa comme d'ordinaire, dans la grande salle de l'Académie de Musique, ornée pour la circonstance du buste d'ALFRED NOBEL et richement décorée de fleurs naturelles. La cérémonie commença à 5 heures de l'après-midi.

Lorsque tous les invités eurent pris place, S. M. le Roi, LL. AA. RR. le prince CHARLES, la princesse INGEBORG et la princesse MÄRTHA firent leur entrée, tandis que toute l'assistance se levait et qu'un chœur entonnait l'hymne royal.

Parmi les personnes présentes, on remarquait les lauréats de l'année M. le professeur CH. É GUILLAUME, M. le professeur AUGUST KROGH et l'écrivain M. KNUT HAMSUN. M. le professeur JULES BORDET n'avait pu répondre à l'invitation, se trouvant alors aux États-Unis, et le poète M. CARL SPITTELER avait été empêché par la maladie de faire le voyage de Suède.

Comme anciens lauréats suédois, étaient présents MM. les professeurs S. ARRHENIUS et A. GULLSTRAND et l'écrivain M[elle] SELMA LAGERLÖF.

Assistaient en outre à la cérémonie des membres du gouvernement et du corps diplomatique, Son Excellence M. le docteur Emmanuel Nobel,

de nombreux fonctionnaires civils et militaires, des professeurs et des étudiants des facultés et des écoles supérieures de Stockholm, des représentants des sociétés savantes et littéraires ainsi que des beaux-arts et de la presse etc. De nombreuses dames avaient été aussi invitées.

La fête se déroula d'après le *programme* suivant:

1. Discours d'ouverture du président du conseil d'administration de la Fondation Nobel, M. le professeur J. H. E. SCHÜCK.

2. *Hymne* de GUNNAR WENNERBEG exécuté, de même que les numéros de chant suivants, par le chœur des étudiants de Stockholm sous la direction de M. EINAR RALF.

3. *Remise du prix Nobel de physique* de 1920 à M. C. É. GUILLAUME, après un dicours du président de l'Académie des Sciences, M. l'ingénieur en chef Å. G. EKSTRAND.

4. *Le soir tombe* par F. KÖRLING. *Sigurd Jorsalafar* par I. WIDÉEN,

5. *Remise du prix Nobel de médecine de 1919* à M. le docteur JULES BORDET, après un discours de M. le professeur ALFRED PETTERSSON.

6. *Remise du prix Nobel de médecine de 1920* à M. le professeur AUGUST KROGH, après un discours de M. le professeur J. E. JOHANSSON.

7. *Chanson rustique* par AUGUST SÖDERMAN. *Le drapeau suédois* par HUGO ALFVÉN.

8. *Remise du prix Nobel de littérature de 1919* à M. CARL SPITTELER, après un discours de M. le professeur HARALD HJÄRNE.

9. *Remise du prix Nobel de littérature de 1920* à M. KNUT HAMSUN, après un discours de M. le professeur HARALD HJÄRNE.

10. *Mélodie* par JOSEF ERIKSSON (paroles de K. HAMSUN), solo par M. le docteur SAMUEL HYBBINETTE. — *Écoute-nous Svea notre mère* par GUNNAR WENNERBERG.

TAL

av Ordföranden i Nobelstiftelsens Styrelse, professor HENRIK SCHÜCK.
(Översättning sid. 50.)

Eders Majestät, Eders Kungl. Höghet, Mina Damer och Herrar.

För första gången i Nobelstiftelsens historia ha vi under samma år samlats till två högtidsdagar. 1914 beslöts att på försök förlägga Nobelfesten från den 10 december, Nobels dödsdag, till den 1 juni, brytningspunkten mellan nordens vår och dess sommar. Men så utbröt det stora världskriget, och under detta ansåg man med skäl det olämpligt att fira några fester till minne av en man, som drömt om en fredens tidsålder och om krigens upphörande. De stridande nationerna själva tycktes hava glömt *denna* tävlan. Endast få förslag från dem inkommo — från flera högt stående kulturfolk ej ens några — och i följd därav blevo även de utdelade prisen färre än vanligt. Under dessa olycksmättade år kom sålunda Nobeldagen att firas varken på våren eller på vintern, och först i år kunde man, sedan freden åtminstone officiellt avslutats, samlas för att utdela 1919 års Nobelpris.

Men denna förändring — att utdela Nobelpris först på våren följande år — tillvann sig knappt några sympatier. Icke blott att festen just då inföll under en sorgetid för vårt land, blott en månad efter vår älskade kronprinsessas frånfälle; icke blott att uppskovet mellan prisens fastställande och deras utdelande vållade ganska stora praktiska olägenheter, utan det visade sig ock, att den stämning av *vår*, av vilken man väntat sig så mycket, trots årstiden ej lägrade sig över Nobeldagen. Och man insåg, att man knappast heller kunde räkna därpå för framtiden. Efter den mänsklighetens fimbulvinter, som vi genomgått, äro vi alla konvalescenter, som behöva år, innan vi kunna få den rätta känslan av solvärme och av livskraftens uppvaknande.

Anledningen till förändringen var, att man ville visa främlingen en nordisk vår. Men nordens vår är sen, och främlingen från södern, som kommer hit, tycker sig snarast förflyttad tillbaka i tiden. *Vår* årstid — då vårt land ter sig i sin egendomliga skönhet — är vintern, och dit hava vi nu åter

förlagt vår Nobeldag, måhända i en dunkel känsla av årstidens samklang med tidsläget. Målet för Alfred Nobels skapelse — den tidsålder, då svärden skola smidas om till plogbillar — döljer sig ännu långt i fjärran, och den tiden skola *vi* aldrig få skåda. *Vi* leva ännu mitt uppe i vintern, och helt visst kommer islossningen länge att låta vänta på sig. Vi ha därför återgått till den tidpunkt, som ursprungligen fastställdes.

För oss nordbor passar denna också bäst, ty av ålder hava vi ju varit vana att förlägga *vår* största högtid till midvintern, då decembermörkret lägrat sig som tätast över jorden. En dylik årstid stämmer också till sist kanske bäst samman med Alfred Nobels drömmar. Ty vintern är icke blott en dödens tid. Den är ock en hoppets. Med varje dag, som går efter vår nordiska midvintersfest, viker mörkret allt mer tillbaka, och varje dygn få vi några korta ögonblicks längre ljus. Väl förefaller naturen då att ligga i dvala. Men livets oförstörbara krafter arbeta dock och svälla i dess inre, och under snöns vita hölje slumrar sommarens skörd, som åter skall skänka mänskligheten näring och ny livskraft.

Nobels tanke, då han för ett kvartsekel tillbaka skrev sitt testamente, var väl just denna. Han ville blott *så*. Och måhända ljöd då i hans öra tonerna till Geijers bekanta sång, i vilken skalden uttryckt just denna tanke — den dikt, som vi alla känna och med vilken jag ber att få inleda dagens prisutdelning:

Odlaren strör i mörka mullen
Fröets sådd för kommande skörd.
Däröver vandra höstens skurar,
Däröver bäddas vinterns snö.
Han gör som jag — begraver sitt hopp.
Han tror som jag på sol och vår.

DISCOURS

du président de la Fondation Nobel M. le professeur HENRIK SCHÜCK.

Majesté, Altesses, Mesdames et Messieurs,

Pour la première fois dans l'histoire de la Fondation Nobel, nous aurons eu la même année deux séances solennelles. En 1914, on avait décidé que la fête Nobel serait à l'essai reportée du 10 décembre, anniversaire de la mort de Nobel, au 1er juin date de transition entre le printemps et l'été du Nord. Mais alors survint la guerre mondiale et durant celle-ci on a estimé avec raison qu'il ne convenait pas de célébrer de fêtes en mémoire d'un homme qui avait rêvé à la paix, à la suppression des guerres. Les nations belligérantes elles-mêmes semblaient d'ailleurs avoir oublié ce concours. Elles ne firent que quelques rares propositions et même plusieurs de celles qui se trouvent à la tête de la culture intellectuelle n'en firent aucune; par suite, les attributions de prix devinrent moins nombreuses que d'habitude. Pendant ces années de malheurs, la fête Nobel n'a été célébrée ni au printemps ni en hiver et c'est seulement cette année, après que la paix a été conclue officiellement du moins, qu'on a pu se réunir pour distribuer les prix Nobel de 1919.

Cependant cette innovation — de distribuer les prix Nobel au printemps de l'année suivante — n'a guère rencontré de sympathies. Ce n'est pas seulement parce que la fête tomba alors juste pendant une période de deuil national, un mois seulement après le décès de notre chère princesse royale; et ce n'est pas seulement parce que le délai entre l'attribution et la distribution des prix causa d'assez grands inconvénients d'ordre pratique; c'est aussi parce qu'il apparut que l'atmosphère du printemps restait, contrairement à notre attente, sans influence sur la fête Nobel et l'on avait guère à espérer, semblait-il, qu'il en fût autrement à l'avenir. Après le sombre hiver de l'humanité que nous venons de traverser, nous sommes tous comme des convalescents qui ont besoin d'années avant de pouvoir éprouver à nouveau la vraie sensation de la chaleur du soleil et du réveil des forces vitales.

La raison pour laquelle on avait voulu changer la date de cette cérémonie était le désir de montrer aux étrangers un printemps du Nord. Mais le printemps du Nord est tardif et l'étranger du Sud qui vient ici a plutôt l'impression d'être reporté en arrière. Notre saison — celle où notre pays se pare de sa beauté particulière — c'est l'hiver et nous y avons replacé notre fête Nobel, peut-être dans le vague sentiment qu'il y a accord entre cette saison et l'état actuel du monde. Le but vers lequel tendaient les pensées d'Alfred Nobel lorsqu'il fit sa fondation — le temps où les épées seront reforgées pour en faire des socs de charrue — se dérobe encore loin dans l'avenir et ce temps-là, nous, nous ne le verrons jamais. Nous vivons encore en plein hiver et la fonte des glaces se fera certainement attendre longtemps. C'est pourquoi nous sommes revenus pour la célébration de cette fête à la date primitivement fixée.

Pour nous, gens du Nord, c'est celle qui convient aussi le mieux, car de tout temps nous avons eu notre plus grande fête de l'année au milieu de l'hiver, quand les ombres de décembre sont le plus épaisses sur la terre. Cette époque est peut-être aussi celle qui est le plus en harmonie avec les rêves d'Alfred Nobel. Car l'hiver n'est pas seulement une période de mort; c'est aussi celle où s'engendre la vie. Chaque jour qui passe après notre fête de la mi-hiver, l'ombre cède de plus en plus et chaque jour nous avons quelques instants de plus de lumière. La nature semble bien plongée dans l'assoupissement; mais les forces indestructibles de la vie travaillent pourtant dans son sein et sous la blanche couverture de neige dorment les moissons de l'été qui nourriront à nouveau l'humanité et lui redonneront de nouvelles forces vitales.

Telle était bien la pensée de Nobel quand il y a un quart de siècle il rédigea son testament. Il voulait seulement *semer*. Et peut-être résonnaient alors à son oreille les accents du poème de Geijer où le poète a justement exprimé cette pensée, le poème que nous connaissons bien tous et que je vous demande la permission de vous rappeler comme prologue à la distribution des prix d'aujourd'hui:

Le semeur jette dans la terre noire et dure
La semence de grains pour la moisson future,
Et là-dessus l'automne épand ses torrents d'eau,
Et là-dessus l'hiver pose son blanc manteau.
Le semeur, comme moi, met son espoir en terre,
Mais, comme moi, croit au printemps, à la lumière.

1920 ÅRS NOBELPRIS I FYSIK.

(Traduction, voir page 55.)

Kungl. Vetenskapsakademiens preses, överingenjören dr. Å. G. EKSTRAND yttrade:

Kungl. Svenska Vetenskapsakademien har beslutat utdela 1920 års Nobelpris i fysik till direktören i internationella meterbyrån, CH.-É. GUILLAUME, för hans förtjänster om den fysikaliska precisionstekniken genom upptäckten av nickelstålets egenskaper.

En av Greklands största tänkare har sagt, att »tingen äro tal», och sökt förklara alltings uppkomst genom talen. Vår tids forskare gå icke lika långt i dyrkan av talen, men erkänna dock, att all exakt vetenskap om naturen börjar först, då vi lyckas uttrycka företeelserna i mått och vikt. Ständigt har vetenskapens utveckling hållit jämna steg med mätningarnas alltmer stigande noggrannhet. Så är fallet med astronomien, geodesien, kemien, och i alldeles särskild grad med fysiken, vilkens högre utveckling daterar, sig från den tid, då den modärna skärpan i iakttagelserna började tillämpas.

Det var i medvetandet härom som den franska Nationalförsamlingen 1790 gav Pariser-akademien i uppdrag att uppsöka en oföränderlig grundval för mått och vikt. Då bildades för detta ändamål en kommission, vari Borda, Lagrange, Laplace, Monge och Condorcet voro medlemmar, och Nationalförsamlingen antog i enlighet med dessas förslag ett decimalsystem, vars bas utgjordes av en viss del av jordmeridianqvadranten. Härigenom var i Frankrike grunden lagd till metersystemet, som sedan fastslogs genom en lag, utfärdad av Nationalkonventet den 1 augusti 1793.

I utlandet fortskred saken långsammare. Först åtskilliga årtionden senare började man i Europa komma till insikt om metersystemets fördelar, och uppslaget därtill gavs av de stora världsutställningarna. Vid Pariserutställningen 1867 tillsattes en kommitté av de flesta vid utställningen representerade nationerna för att verka för antagande av ett allmänt internationellt

mått- och viktsystem, varav föranleddes en inbjudan, gillad av kejsaren den 1 september 1869, till alla stater, vilket sedermera ledde till uppkomsten av den internationella byrån för mått och vikt i Breteuil i närheten av Paris.

Till den franska nationen, som ej blott givit idén till den stora reformen utan även förstått att genom diplomatisk skicklighet göra den universellt antagen i hela den civiliserade världen, står mänskligheten därför i stor tacksamhetsskuld.

Det är i denna internationella byrå för mått och vikt, som alla de för staterna avsedda meteretalongerna och normalkilogrammen noggrannt undersökas och jämföras. Chefen för denna byrå, Charles Édouard Guillaume, står ovedersägligen i spetsen för samtidens metrologer. Denne vetenskapsman har, genom att ägna hela sitt liv åt träget arbete i vetenskapens tjänst, i hög grad bidragit till metersystemets framsteg och utbredning; han har under sina mångåriga och mödosamma undersökningar upptäckt en metall med de mest fullkomliga metrologiska egenskaper, vilken upptäckt Svenska Vetenskapsakademien velat belöna med årets Nobelpris, i betraktande av den stora betydelse, den har för de vetenskapliga mätningarnas noggrannhet och därigenom även för hela vetenskapens utveckling.

Ty, även om man således ägde ett internationellt system för mått och vikt, samt inrättat en internationell byrå för tillämpandet av detta system, så var dess användning i praktiken ej därigenom frigjord från de svårigheter, som varje mätning eller vägning för med sig, om därvid högsta noggrannhet eftersträvas. Vad särskilt uppmätningen av längder beträffar, berodde den största felkällan på temperaturen i följd av kropparnas kända egenskap att vid temperaturväxlingar ändra sin volym.

Det var därför en fundamental sak att med största noggrannhet undersöka alla metallers och legeringars förhållande i avseende på deras utvidgning genom värme. Under sina mödosamma undersökningar på detta område och särskilt vid undersökningen av vissa stålsorter kom Guillaume på den till utseendet paradoxala idén, att en legering skulle kunna framställas, som saknade denna kropparnas allmänna egenskap att ändra sin volym vid olika värmegrader. Guillaumes under en lång följd av år fortsatta, lika svåra som tålamodsprövande undersökningar av talrika legeringar, och särskilt nickelstål, i avseende på värmeutvidgning, elasticitet, hårdhet, föränderlighet med tiden och stabilitet, ledde honom slutligen till den viktiga upptäckten av nickelstållegeringen *invar*, vilken har en temperaturkoefficient, som praktiskt taget är lika med noll.

Dessa Guillaumes arbeten och upptäckter ha varit föremål för ständigt nya viktiga tillämpningar i praktiken. Vi erinra om invarens användning vid konstruktionen av fysikaliska instrument, och särskilt inom geodesien, i vars metoder för basmätning åstadkommits en fullständig revolution genom Guillaumes upptäckt; användandet av nickelstålet har likaledes gjort det möjligt att undvara platinan vid fabrikation av glödlampor, vilket med nuvarande pris på platina representerar en årlig besparing av tjugu millioner francs; slutligen har kronometrien genom Guillaumes upptäckter och arbeten fått en ny impuls. Användningen ay de nya legeringarna har gjort det möjligt att åstadkomma en reglering av uren med större noggrannhet och mindre kostnad, än man förut kunnat föreställa sig.

Även i teoretiskt hänseende hava Guillaumes ingående och systematiska undersökningar av nickelstålets egenskaper varit av största betydelse, i det att de givit det bästa stödet för den av Le Chatelier utbildade allotropiska teorien för binära och ternära legeringar. Guillaume har därigenom lämnat ett viktigt bidrag till vår kunskap om den fasta materiens konstitution.

På grund av den stora betydelse, Guillaumes undersökningar hava för precisionsmetrologien och därigenom för hela den moderna vetenskapens och teknikens utveckling, har Kungl. Svenska Vetenskapsakademien tillerkänt detta års Nobelpris till Charles Édouard Guillaume för de tjänster, han gjort den fysikaliska precisionstekniken genom sin upptäckt av nickelstålets egenskaper.

PRIX NOBEL DE PHYSIQUE
DE 1920.

Discours de M. l'ingénieur en chef Å.-G. EKSTRAND, président de l'Académie des sciences de Suède.

Majesté, Altesses, Mesdames et Messieurs,

L'Académie des sciences de Suède a décidé de décerner le prix Nobel de physique de 1920 à monsieur CH.-É. GUILLAUME, directeur du bureau international des poids et mesures, pour les services qu'il a rendus à la technique de la précision physique par la découverte des propriétés de l'acier au nickel.

Un des plus grands penseurs de la Grèce a dit que «les choses sont des nombres», et a essayé d'expliquer l'origine de toutes choses par les nombres. Les savants de nos jours ne poussent pas aussi loin le culte des nombres; mais ils reconnaissent cependant que toute science exacte de la nature ne commence que lorsque nous réussissons à exprimer les phénomènes en mesures et en poids. Le développement de la science a toujours marché de pair avec les progrès dans l'exactitude des mesures. C'est le cas pour l'astronomie, la géodésie, la chimie et tout particulièrement pour la physique dont le grand développement date de l'époque où l'on a commencé à appliquer la précision moderne dans les observations.

C'est ce qu'avait compris l'Assemblée nationale française lorsqu'en 1790 elle chargea l'Académie des sciences de Paris d'établir une base invariable pour les poids et mesures. A cet effet fut constituée une commission composée de Borda, Lagrange, Laplace, Monge et Condorcet, et l'Assemblée nationale adopta sur leur proposition un système décimal ayant pour base une certaine partie du quart du méridien terrestre. C'est ainsi que fut posé en France le principe du système métrique, que fixa ensuite une loi votée par la Convention le 1er août 1793.

Dans les autres pays, les choses allèrent plus lentement. Ce n'est qu'après quelques dizaines d'années qu'on commença en Europe à se rendre

compte des avantages du système métrique et cela principalement grâce aux grandes expositions internationales. Lors de l'exposition internationale de Paris en 1867, un comité fut institué par la plupart des nations représentées à cette exposition en vue de préparer l'adoption d'un système unique international pour les poids et mesures. La proposition, approuvée par l'empereur le 1er septembre 1869, en fut faite à tous les états et c'est ainsi que fut fondé ensuite le bureau international des poids et mesures à Breteuil dans les environs de Paris.

C'est la nation française qui non seulement a eu l'idée de cette grande réforme, mais encore a su par son habileté diplomatique la faire adopter dans le monde civilisé tout entier; aussi l'humanité a de ce chef envers la France une grande dette de reconnaissance.

C'est dans ce bureau international des poids et mesures que tous les exemplaires du mètre-étalon et du kilogramme normal destinés aux différents États sont minutieusement examinés et comparés. Le chef de ce bureau, M. CHARLES-ÉDOUARD GUILLAUME, est incontestablement le premier de tous les métrologues contemporains. Ce savant, en consacrant toute sa vie au service de la science, a puissamment contribué aux progrès du système métrique; au cours de ses longues et laborieuses recherches, il a découvert un métal ayant les propriétés les plus parfaites au point de vue métrologique. C'est cette découverte que l'Académie des sciences de Suède a voulu récompenser par le prix Nobel de physique de cette année, cette découverte ayant une grande importance pour l'exactitude des mesures scientifiques et par cela même pour le développement de la science en général.

En effet, par le seul fait qu'on possédait un système international pour les poids et mesures et un bureau international pour l'application de ce système, on n'avait pas du même coup écarté les difficultés que comportent chaque mesurage ou chaque pesage, si l'on ne peut pas dans ces opérations obtenir la plus grande exactitude. En ce qui concerne notamment la mesure des longueurs, la principale source d'erreurs dépendait de la température par suite de la propriété connue qu'ont les corps de changer de volume avec les variations de température.

Aussi était-ce une question fondamentale d'examiner avec la plus grande précision la dilatabilité de tous les métaux et alliages sous l'action de la chaleur. Au cours de ses laborieuses recherches et particulièrement en étudiant les propriétés de certaines sortes d'acier, M. Guillaume en arriva à cette idée en apparence paradoxale qu'il serait possible de produire

un alliage dépourvu de cette propriété générale des corps de changer de volume à différents degrés de chaleur. Les longues et difficiles expériences que M. Guillaume poursuivit pendant des années sur de nombreux alliages et spécialement sur l'acier au nickel pour en déterminer la dilatation, l'élasticité, la dureté, l'altérabilité avec le temps, et la stabilité, l'amenèrent finalement à l'importante découverte de l'alliage d'acier au nickel dit invar dont le coefficient de température est pratiquement égal à zéro.

Ces travaux et ces découvertes de M. Guillaume ont donné lieu à d'importantes applications pratiques sans cesse nouvelles. Rappelons l'emploi de l'invar dans la construction des instruments de physique, et spécialement en géodésie où la découverte de M. Guillaume a complètement transformé les méthodes pour la mesure des bases; l'emploi de l'acier au nickel a aussi permis d'éliminer le platine dans la fabrication des lampes à incandescence, ce qui, étant donné le prix actuel du platine, représente une économie annuelle de vingt millions de francs; enfin c'est la chronométrie qui est redevable aux travaux et aux découvertes de M. Guillaume d'un nouveau perfectionnement: l'emploi des nouveaux alliages permet de régler les montres avec plus de précision et moins de frais qu'auparavant.

Au point de vue théorique aussi, les recherches pénétrantes et systematiques de M. Guillaume sur les propriétés de l'acier au nickel ont eu la plus grande importance, car elles ont confirmé la théorie allotropique de Le Chatelier pour les alliages binaires et ternaires. M. Guillaume a ainsi fourni une importante contribution à nos connaissances sur la constitution de la matière solide.

Etant donnée la grande importance des travaux de M. Guillaume pour la métrologie de précision et par suite pour le développement de toute la science et de la technique modernes, l'Académie des sciences de Suède a attribué le prix Nobel de physique de cette année à

CHARLES-ÉDOUARD GUILLAUME en reconnaissance des services qu'il a rendus à la technique de la prècision physique par sa découverte des propriétés de l'acier au nickel.

Monsieur Guillaume! Par vos travaux persévérants sur la thermométrie, vous avez bien mérité de la physique et de la chimie; mais c'est surtout dans un autre domaine que vous avez conquis vos lauriers scientifiques. Par vos études sur les alliages des métaux et sur leur sensibilité aux influences de la température, vous avez constaté que quelques-uns de ces alliages possèdent des propriétés remarquables; il y en a qui restent presque sans dilatation par échauffement, et cela vous a inspiré l'idée d'en faire des

étalons de mesure. C'est surtout un des alliages d'acier au nickel, celui qui contient trente-six pour cent de nickel, que vous avez jugé remplir les conditions nécessaires. Comme il est presque invariable sous l'action de la chaleur et sous d'autres influences, vous l'avez appelé invar. On comprend bien quel avantage les sciences peuvent en tirer pour la construction des étalons et des instruments divers. En géodésie, les fils d'invar donnent pour les bases des valeurs beaucoup plus exactes que celles qu'on avait obtenues auparavant.

Au nom de l'Académie royale des sciences de Suède, je vous félicite de vos travaux et de vos découvertes qui ont été de la plus grande utilité et par ce motif même estimés dignes du prix Nobel. Je vous prie maintenant de vouloir bien recevoir le prix des mains de sa Majesté le Roi qui a daigné se charger de vous le remettre.

1919 ÅRS NOBELPRIS I FYSIOLOGI OCH MEDICIN.

(Traduction, voir page 63.)

Professorn vid Karolinska Institutet ALFRED PETTERSSON yttrade:

Eders Maj:t, Edra Kungl. Högheter, Mina damer och herrar!

Karolinska institutets lärarkollegium har beslutit tilldela 1919 års Nobelpris i fysiologi och medicin åt föreståndaren för Institut Pasteur i Bryssel, professorn vid universitetet därstädes, Dr JULES BORDET, för hans upptäckter rörande immuniteten.

Ända från forntiden har det varit känt, att vissa sjukdomar efterlämna ökad motståndskraft eller t. o. m. oemottaglighet mot nya angrepp. Tidigt började man också utnyttja denna erfarenhet, i det att man vid farsoter sökte få företrädesvis sådana personer, som förut genomgått sjudomen, att utföra arbeten, som särskilt utsatte för smitta, såsom vårdande av de sjuka och bortskaffande av de döda. Man företog sig t. o. m. ibland att avsiktligt överföra smitta för att framkalla sådan oemottaglighet. Försöken i den riktningen slogo emellertid ingalunda alltid lyckligt ut. Dylik oemottaglighet mot sjukdom har fått namnet immunitet av det latinska immunitas, skattefrihet.

Immunitetens väsen var emellertid dunkelt, och man hade inga möjligheter att experimentellt studera detsamma. Först och främst kände man icke sjukdomsalstrarna, och vidare hade man ej heller någon praktiskt brukbar metod att med konst framkalla immunitet. Upptäckten av de sjukdomsalstrande mikroberna undanröjde det första hindret. Men det var först Pasteurs upptäckt av en immuniseringsmetod för hönskolera, som öppnade dörren för experimentell forskning på immunitetens område. Pasteur insprutade försvagade bakterier ur gamla kulturer av hönskolerabaciller på höns. Djuren blevo därav visserligen sjuka men dogo i allmänhet icke. Efter överstånden sjukdom visade de sig motståndskraftiga, d. v. s. immuna, mot infektion med virulenta hönskolerabaciller. Sedermera har en mångfald olika immuniseringsmetoder utarbetats av olika forskare. Immuniteten

har studerats med intensiv iver, och stora äro de landvinningar, som medicinen gjort på detta område. Jag vill erinra om att, då Karolinska institutets lärarkollegium första gången hade att utdela det medicinska Nobelpriset, så blev det en upptäckt beträffande immuniteten, som belönades.

Behring hade nämligen funnit, att immuniteten mot difteri och stelkramp beror på, att i det immuniserade djuret bildas ämnen, som hava förmågan att oskadliggöra, så att säga neutralisera de av nämnda sjukdomsalstrare bildade gifterna. Dessa kroppar fingo för den skull namnet antitoxiner och detta slags immunitet benämndes antitoxisk immunitet. Behring visade också, att dessa antikroppar kunna överföras på ett annat djur med bibehållen förmåga att skydda mot eller upphäva verkan av giftet. Det är det från högt immuniserade hästar vunna, på difteriantitoxin synnerligen rika serum, som under namn av antidifteriserum användes för botande och förekommande av den farliga sjukdomen difteri hos människan.

Mot andra sjukdomsalstrare immuniserade djurs kroppssafter visade inga sådana antitoxiska egenskaper, men icke desto mindre utvecklade sera kraftig skyddsverkan mot infektionen i fråga. Förklaringen till denna egendomliga företeelse gavs av Pfeiffer. Han visade, att koleravibrioner i ett mot kolera immuniserat marsvins bukhåla förlorade sin rörelseförmåga och efter vissa förändringar fullständigt upplöstes. Samma blev förhållandet, om koleravibrionerna *tillsammans med immunserum* infördes i bukhålan på ett normalt, ej immuniserat marsvin. Vid *frånvaro* av immunserum utvecklade sig vibrionerna däremot och åstadkommo djurets död. På de av koleravibrionerna bildade *gifterna* hade koleraimmunserum däremot ingen som helst verkan. Detta slag av immunitet var sålunda av helt annan beskaffenhet än immuniteten vid difteri och stelkramp. Motståndskraften mot kolerainfektion beror på, att det immuniserade djuret förvärvat ökad förmåga att förstöra, lösa upp koleravibrioner. Immuniteten kallas för den skull bakteriolytisk immunitet och den bildade immunkroppen bakteriolytisk immunkropp. Utanför djurkroppen kunde Pfeiffer icke påvisa någon bakteriedödande verkan av densamma, men så fort den införts i djurorganismen, utvecklade den intensiv sådan. Pfeiffer antog för den skull, att den därstädes överfördes i ett verksamt tillstånd.

Bordet lämnade emellertid förklaringen till fenomenet. Han visade först, att koleraimmunserum, om det är alldeles färskt, alltid verkar bakteriedödande även i provrör. Genom förvaring eller ännu lättare genom kort tids uppvärmning vid + 56° förlorade det denna egenskap. Den sålunda försvunna verkan, fann han, kunde återställas genom tillsats av en

liten mängd färskt serum från ett normalt djur, men däremot icke med uppvärmt sådant. Förstörandet av vibrionerna, bakteriolysen, beror, säger Bordet, på samverkan av två kroppar. Den ena är den värmebeständiga, hos det immuniserade djuret nybildade, i dess serum förekommande bakteriolytiska immunkroppen; den andra finnes redan i det normala djuret, den är ohållbar vid uppvärmning och förvaring och förökas ej vid immuniseringen. Bordet ansåg den senare identisk med de svagt verksamma bakteriedödande ämnen, som finnas i normalserum, vilka Buchner benämt alexin. Den har också fått namnet komplement, vilket namn kanske är ännu vanligare. Härmed var definitivt klarlagt, att bakteriolysen genom immunserum uppkommer genom samverkan av en vid immuniseringen nybildad kropp, den bakteriolytiska immunkroppen, och en i det normala serum förekommande substans, som ej röner inverkan av immuniseringen, alexinet eller komplementet.

Till en början var det av helt naturliga skäl huvudsakligen med bakterier, som man behandlade djur; man ville ju framkalla immunitet mot sjukdomsalstrare och studera denna. Bordet var den förste, som undersökte resultatet av införande i organismen av främmande celler av annat slag. Han insprutade på marsvin blod från kanin. Hos det förstnämnda djuret bildades då immunkroppar, som vid närvaro av alexin eller komplement verkade förstörande på kaninens röda blodkroppar men ej på andra djurs. Strax efter Bordets offentliggörande av denna upptäckt kommo liknande meddelanden från andra håll.

Bordets upptäckt, att införande av främmande röda blodkroppar på ett djur leder till uppkomsten av en specifik immunkropp av liknande natur som den, vilken bildas efter insprutning av koleravibrioner, hade först och främst stor betydelse i det avseendet, att den ådagalade, att denna djurorganismens reaktion är en allmän biologisk företeelse. Liknande resultat hava sedermera också vunnits med en hel mängd olika artfrämmande celler. Men dessutom blev denna Bordets upptäckt av fullkomligt banbrytande betydelse för det vidare studiet av immuniteten. Användandet av bakterier för studiet av immunkropparnas egenskaper var förenat med stora olägenheter. Bakterierna äro levande organismer med stor förmåga av hastig förökning. Alla försök med levande bakterier störas för den skull därav, att man ej vet, om testmaterialet, bakterierna, är konstant, och därjämte är bestämmandet av mängden av dem ofta förenat med betydligt arbete. Dessa nackdelar vidlåda däremot ej de röda blodkropparna. Deras mängd förblir konstant densamma, även om försöken utsträckas över ett större

antal timmar. Deras halt av blodförgämne gör dem vidare till ett synnerligen bekvämt reagens vid undersökningar av detta slag, i ty att verkan av den hämolytiska immunkroppen står i direkt proportion till och kan uppskattas efter den mängd färgämne, som vid de röda blodkropparnas förstörande går i lösning i uppslamningsvätskan. Detta kan kolorimetriskt särdeles lätt bestämmas. En mycket stor del av den kunskap, som vi nu äga om immuniteten mot bakterier och av dem framkallade sjukdomar, är sålunda vunnen genom studier av hämolytiska seras inverkan på röda blodkroppar, och först därefter har man undersökt, huruvida och i vilken grad upptäckta egenskaper och förhållanden gällt även bakterier och bakteriolytiska sera.

Av Bordets vidare upptäckter vill jag här endast omnämna en, men en av alldeles särskild betydelse. År 1900 fann han, att den till framkallande av immuniteten använda kroppen i förening med sin specifika immunkropp binder alexinet eller komplementet, så att, om proportionerna mellan de tre kropparna äro lämpliga, allt komplement försvinner ur blandningen. Följande år visade han tillsammans med Gengou, att vid alla immuniseringar bildas specifika immunkroppar med förmåga att absorbera komplement. Även vid sjukdomar uppstå sådana för sjukdomsalstrarna specifika immunkroppar. Komplementbindning med kända sjukdomsalstrande mikrober kan sålunda användas för att bestämma en sjukdoms rätta art. Det var på grundvalen av dessa fakta, som Wassermann och Bruck företogo sina försök att åstadkomma en specifik diagnostisk serumreaktion på syfilis, försök vilka som bekant kröntes med framgång. En av de vid Wassermanns reaktion verksamma faktorerna är visserligen av annan natur än den analoga vid andra komplementbindningar, men reaktionen är i alla fall en verklig komplementbindning och grundar sig på Bordets föregående upptäckter. Dessa hava sålunda givit oss ett nytt kraftigt vapen till bekämpande av syfilis, ett av mänsklighetens svåraste gissel. Bordets upptäckter hava följaktligen i allra högsta grad varit mänskligheten till nytta.

PRIX NOBEL DE PHYSIOLOGIE ET DE MÉDECINE DE 1919.

Discours de monsieur ALFRED PETTERSSON, professeur à l'Institut Ca. rolin:

Majesté, Altesses, Mesdames, Messieurs,

Le Collège des professeurs de l'Institut Carolin a décidé de décerner le prix Nobel de physiologie et de médecine de 1919 au Directeur de l'Institut Pasteur de Bruxelles, le Docteur JULES BORDET, professeur à l'Université de cette ville, pour ses découvertes concernant l'immunité.

Il est un fait connu depuis la plus haute antiquité que certaines maladies ont l'effet d'accroître la force de résistance chez les guéris et même de les rendre insensibles à de nouvelles attaques. Aussi commença-t-on de bonne heure à utiliser cette expérience en s'appliquant, pendant les épidémies, à employer de préférence des personnes ayant eu la maladie régnante pour les travaux qui exposaient spécialement à la contagion, comme les soins des malades, l'enlèvement des morts. On s'avisa même quelquefois de transmettre la maladie intentionnellement afin de produire cette insensibilité. Toutefois, les essais qu'on fit dans ce sens ne réussirent pas toujours très bien. Cette insensibilité à la maladie a été dénommée immunité du nom latin immunitas qui veut dire exemption de charges, privilège.

La nature de l'immunité était cependant peu claire, et on n'avait pas les moyens de l'étudier expérimentalement. On ne connaissait d'abord pas les pathogènes et on ne possédait pas non plus de méthode pratiquement appliquable pour produire une immunité artificielle. La découverte des microbes pathogènes écarta le premier obstacle. Mais ce fut la découverte par Pasteur d'une méthode d'immunisation contre le choléra des poules qui ouvrit la voie aux recherches expérimentales sur l'immunité. Pasteur injecta à des poules des bactéries atténuées provenant de vieilles cultures de bacilles du choléra des poules. Les animaux tombèrent malades mais,

en général, ne moururent pas. La maladie passée, ils se montrèrent réfractaires c.-à-d. immunisés contre l'infection produite par des bacilles virulents du choléra des poules. Une multitude de méthodes d'immunisation ont été élaborées depuis par différents savants. L'immunité a été étudiée avec un zèle intense, et très importantes sont les conquêtes faites par la médecine dans ces domaines. Je rappellerai que lorsque pour la première fois, le Collège des professeurs de l'Institut Carolin eut à décerner le prix Nobel, ce fut à l'auteur d'une découverte concernant l'immunité qu'il l'attribua.

Behring avait constaté, en effet, que l'immunité contre la diphtérie et contre le tétanos dépend du fait qu'il se forme, dans le corps de l'animal immunisé, des substances ayant la propriété de rendre inoffensives, de neutraliser, pour ainsi dire, les toxines formées par les pathogènes de ces maladies. Pour cette raison, ces corps furent nommés antitoxines et on appela l'immunité ainsi produite immunité antitoxique. Behring démontra encore que, transmis à un autre animal, ces anticorps gardent leur pouvoir de protéger contre l'action des toxines ou d'en supprimer les effets. C'est le sérum excessivement riche en antitoxines de la diphtérie, prélevé sur des chevaux fortement immunisés, qui, sous le nom de sérum antidiphtérique, sert à guérir ou à prévenir la dangereuse maladie qu'est la diphtérie chez l'homme.

Les humeurs d'animaux immunisés contre d'autres pathogènes ne présentaient pas ces propriétés antitoxiques, mais les sérums n'en exerçaient pas moins une action énergique contre l'infection en question. L'explication de ce phénomène étrange fut donnée par M. Pfeiffer. Il démontra que les vibrions cholériques dans la cavité péritonénale d'un cobaye immunisé contre le choléra, perdaient leur locomotilité et, après certaines altérations, disparaissaient complètement. Il en était de même lorsque les vibrions cholériques étaient introduits, avec de l'immunsérum, dans la cavité péritonéale d'un cobaye normal, non immunisé. En l'absence de l'immunsérum, les vibrions se développaient au contraire et amenaient la mort de l'animal. Sur les toxines formées par les vibrions cholériques, l'immunsérum n'avait par contre nul effet. Cette immunité était donc d'une espèce tout autre que celle qu'on avait obtenue contre la diphtérie et le tétanos. La force de résistance contre l'infection cholérique dépend de ce que l'animal immunisé a acquis une plus grande capacité de détruire, de résoudre les vibrions cholériques. Pour cette raison, l'immunité ainsi obtenue est appelée immunité bactériolytique, et l'anticorps est désigné sous le nom d'anticorps bactériolytique. Hors du corps animal, M. Pfeiffer ne pouvait constater pour cet

anticorps le moindre effet bactéricide; mais à peine introduit dans l'organisme animal, l'effet devenait intense. M. Pfeiffer supposait par suite qu'il y était introduit à l'état d'agent actif.

C'est M. Bordet qui fournit l'explication du phénomène. Il démontra d'abord que, du moment qu'il est frais, l'immunsérum cholérique exerce toujours une action bactéricide, même dans l'éprouvette. Conservé ou, mieux encore, chauffé pendant un court laps de temps à 56°, il perd cette propriété. Mais il constata que l'effet ainsi disparu peut lui être rendu par l'adjonction d'une petite quantité de sérum frais, mais non chauffé, provenant d'un animal normal. La destruction des vibrions, la bactériolyse, dépend, selon M. Bordet, de la coopération de deux corps. L'un c'est l'anticorps d'immunisation bactériolytique thermostabile formé dans l'animal immunisé et présent dans son sérum; l'autre se trouve déjà dans l'animal normal; il ne résiste pas au chauffage ni à la conservation et n'accroît pas à l'immunisation. M. Bordet estima le second identique aux substances faiblement bactéricides qui se trouvent dans le sérum normal et que Buchner a appelées: alexine. On l'appelle aussi du nom peut-être encore plus courant de complément. Il est ainsi définitivement prouvé que la bactériolyse par l'immunsérum, provient de la coopération d'un corps formé au moment de l'immunisation, l'anticorps bactériolytique, et d'une substance présente dans le sérum normal et non soumise à l'influence de l'immunisation, l'alexine ou le complément.

Au début, on se servait tout naturellement surtout de bactéries pour traiter les animaux, puisqu'on voulait les immuniser contre des pathogènes et en étudier l'immunisation. Ce fut M. Bordet qui le premier examina le résultat de l'introduction dans l'organisme de cellules étrangères d'une autre espèce. Il injecta à des cobayes du sang de lapin. Il se forme alors dans les cobayes des anticorps qui, en présence d'alexine ou de complément, exerçent une action destructive sur les globules rouges du lapin, mais non sur ceux d'autres animaux. Immédiatement après la publication de cette découverte, des communications analogues arrivèrent de différents côtés.

La découverte de M. Bordet, démontrant que l'introduction de globules rouges dans un animal amène la formation d'un anticorps spécifique d'une nature analogue à celui qui se forme après l'injection de vibrions cholériques, avait une grande importance, en ce sens surtout qu'elle prouvait que cette réaction de l'organisme animal est un phénomène biologique général. Des résultats analogues ont en effet été obtenus depuis, avec un grand nombre de cellules d'espèces différentes. Mais cette découverte de M. Bor-

det eut en outre une importance capitale en frayant le chemin à d'autres recherches sur l'immunité. L'emploi de bactéries pour l'étude des propriétés des anticorps comportait de grands inconvénients. Les bactéries sont des organismes vivants qui se multiplient avec une extrême rapidité. Toutes les expériences faites avec des bactéries vivantes sont, par suite, compromises du fait qu'on ne sait pas si le matériel à examiner — les bactéries — est constant, et, de plus, pour en déterminer la quantité, il est souvent nécessaire de dépenser un travail considérable. Ces inconvénients par contre n'existent pas avec les globules rouges. La quantité en reste toujours constante, quand même les expériences se prolongeraient pendant de nombreuses heures. La matière colorante rouge du sang qu'ils contiennent en fait en outre un réactif fort commode pour des recherches de ce genre, parce que l'action de l'anticorps hémolytique y est directement proportionnée et peut s'évaluer selon la quantité de matière colorante qui, à la destruction des globules rouges, se résout dans l'émulsion. Ceci peut sans difficulté être déterminé colorimétriquement. Une très grande partie de nos connaissances sur l'immunité contre les bactéries et les maladies qu'elles provoquent est ainsi due à l'étude de l'action des sérums hémolytiques sur les globules rouges, et ce n'est que plus tard qu'on a recherché si et dans quelle mesure les propriétes découvertes concernent également les bactéries et les sérums bactériolytiques.

Parmi les autres découvertes faites par M. Bordet, je n'en mentionnerai ici qu'une seule, mais c'est une découverte d'une importance toute spéciale. En 1900, il constata qu'avec le concours de son anticorps spécifique, le corps servant à produire l'immunité fixe l'alexine ou le complément de sorte que, dans des proportions favorables entre les trois corps, le complément disparaît entièrement du mélange. L'année suivante, il constata, en collaboration avec M. Gengou, que, dans toutes les immunisations, il se forme des anticorps spécifiques pouvant absorber le complément. Dans les maladies également apparaissent des anticorps spécifiques pour les pathogènes. La fixation du complément avec des microbes connus peut donc servir à déterminer le caractère réel d'une maladie. C'est sur ces faits que se basèrent M. M. Wassermann et Bruck lorsqu'ils entreprirent leurs expériences en vue de trouver une réaction diagnostique spécifique de la syphilis, expériences qui, on le sait, furent couronnées de succès. Il est vrai qu'un des facteurs agissant dans la réaction de Wassermann est d'une autre nature que l'analogue des autres fixations du complément, mais il n'est pas moins vrai que cette réaction est une véritable fixation du complément et qu'elle

se base sur les découvertes antérieures de M. Bordet. Celles-ci ont donc fourni une nouvelle arme puissante pour combattre la syphilis, l'un des fléaux les plus terribles du genre humain. Les découvertes de M. Bordet ont donc été de la plus grande utilité pour l'humanité.

Monsieur le Ministre de Belgique,

N'ayant pas l'insigne honneur de voir parmi nous aujourd'hui M. Bordet, l'illustre lauréat du prix Nobel de médecine, puisqu'en ce moment il est aux États-Unis pour y faire quelques conférences, je prie votre Excellence de vouloir bien recevoir son prix et son diplôme pour les lui transmettre; je me permets de vous demander aussi de présenter à votre célèbre compatriote les hommages et les sincères félicitations de l'Institut Carolin

---

1920 ÅRS NOBELPRIS I FYSIOLOGI OCH MEDICIN.

(Traduction, page 75.)

Ordföranden i den medicinska Nobelkommittén, professor J. E. JOHANSSON yttrade:

Eders Majestät, Eders Kungl. Högheter, Högt ärade församling!

Såsom den första tillämpningen av ett kvantitativt betraktelsesätt inom fysiologien har man anfört den beräkning, med vilken HARVEY grundade sin teori om blodomloppet. I sin bekanta skrift 1628 gör han en sammanställning av hjärtats slagvolym och slagföljd samt blodmängden i kroppen och påvisar därvid, att det förråd av blod, som i ett visst ögonblick står kroppen till förfogande, passerar genom hjärtat inom mindre än en minut. Enligt en från antiken stammande uppfattning skulle det blod, hjärtat sänder ut till kroppens olika delar, förbrukas och samtidigt ersättas genom en omvandling av födan i tarmkanalen. En nybildning av blod, tillräcklig att underhålla den av Harvey beräknade blodströmmen från hjärtat, var uppenbarligen orimlig. Återstod således endast antagandet av ett kretslopp. Den blodmängd, hjärtat genom artererna driver ut till kroppens olika delar, måste på något sätt överföras till venerna och genom dessa ledas tillbaka till hjärtat. Förbindelseleden mellan arterer och vener fick Harvey aldrig se. De tekniska hjälpmedlen härför stodo honom ej till buds. Det var, som bekant, MALPIGHI, som år 1661, fyra år efter Harveys död, upptäckte det sista ledet i kretsloppet. Med ett enkelt mikroskop med 180 gångers förstoring iakttog han, huru blodet genom fina rör strömmar från arterer till vener. Dessa rör, de s. k. kapillärerna, med några tusendels millimeters diameter bilda, som vi numera veta, nätverk av olika form och täthet i de olika vävnaderna. Vid genomströmmandet av detta nätverk fyller blodet den uppgift, man av ålder tillagt detsamma, nämligen underhållandet av livsprocesserna. Tvärs igenom den ytterligt tunna kapillärväggen dels avger dels upptager blodet ämnen, som förbrukas respektive bildas vid processerna i den omgivande vävnaden, och förmedlar sålunda den för livsprocesserna nödvändiga materialtransporten inom kroppen. För att giva

en föreställning om denna materialtransport må några tal anföras. Hos en människa i vila överföres från lungorna till vävnaderna per minut omkring 300 cm³ syre, samtidigt som omkring 250 cm³ kolsyra transporteras i motsatt riktning. Vid kraftigt muskelarbete ökas dessa mängder till det tiofaldiga. Ökningen står i samband med en omsättning av material, som blodet, till väsentlig del under det pågående arbetet, tillför musklerna från olika förråd i kroppen. Kroppens blodmängd uppgår till omkring 4 liter. Det är emellertid ej denna så att säga stillastående blodmängd, som i detta sammanhang närmast intresserar oss. Det är blodströmmen, vars styrka man brukar angiva medels den s. k, minutvolymen, d. v. s. den blodmängd, som per minut strömmar genom ett tvärsnitt av kärlbanan, ett tvärsnitt, som vi kunna tänka oss lagt exempelvis genom stora kroppspulsådern vid dess utträde ur hjärtat eller genom samtliga kapillärer i kroppens olika delar. Minutvolymen eller vad man kunde kalla den effektiva blodmängden uppgår till omkring 3 liter i vila och stiger ända till 30 liter vid arbete.

Av det nu anförda framgår det intresse, som från fysiologisk synpunkt knyter sig till de mekanismer, som behärska blodströmmen genom kapillärerna, och till de processer, som förmedla materialtransporten genom kapillärväggen. På detta område av fysiologien har professorn vid Köpenhamns universitet AUGUST KROGH gjort en upptäckt, som Karolinska Institutets Lärarkollegium funnit vara av den betydelse, att det tilldelat honom innevarande års Nobelpris för upptäckter inom fysiologiens och medicinens domän.

De arbeten, med vilka Krogh för något mera än 10 år sedan förvärvade sig sin ställning inom den vetenskapliga världen, behandlade gasutbytet i lungan och hade till utgångspunkt spörsmålet, om denna process är att betrakta som en diffussion eller som en gassekretion. Denna fråga hade tilldragit sig ett särskilt intresse genom arbeten av Kroghs lärare, den om andningens kemi så högt förtjänte danske forskaren CHRISTIAN BOHR.

Lungorna bestå som bekant av en mängd små blåsor, vilkas väggar äro genomdragna av kapillärer. Mellan luften i lungblåsorna och blodet i kapillärerna befinner sig sålunda en vägg, vars tjocklek uppgår till några tusendels millimeter. Tvärsigenom denna försiggår ett utbyte av syre och kolsyra mellan blod och lungluft. Den närmast till hands liggande förklaringen till detta gasutbyte är antagandet, att gasmolekylerna intränga i, eller som man säger, lösas i den nyssnämnda väggen, och att de genomvandra densamma i riktning från ett högre tryck till ett lägre på samma

sätt som vid den i fysiken välbekanta företeelsen diffusion. Enligt detta antagande skulle väggen själv vara fullkomligt passiv. Den utgör emellertid en del av den levande organismen och kunde tänkas vara säte för någon säregen livsprocess — en process, som närmast vore att jämställa med verksamheten i en körtel. Det gällde således som i många andra fall att avgöra mellan tillämpningen av ett enkelt fysikaliskt och ett så att säga vitalistiskt färgat betraktelsesätt.

Krogh företrädde i denna strid diffusionsteorien. Hans inlägg utmärka sig för en överlägsen experimentalkritik. Jag inskränker mig till att anföra hans metod att bestämma gasspänningen i blodet. Liksom sina föregångare analyserar han innehållet i ett gasrum, som fått ställa sig i jämvikt med det strömmande blodet, men han reducerar gasrummet till en liten luftblåsa, under det att föregångarna arbetat med recipienter av sådan storlek; att en tryckutjämning med blodströmmen i många fall faktiskt ej kunnat erhållas. Såsom stöd för antagandet av en gassekretion i lungan hade man anfört iakttagelser, som syntes giva vid handen, att syreupptagandet kan åstadkomma en syrespänning i det arteriella blodet, som är högre än den i lungluften härskande. Spänningsskillnader av denna art komma emellertid, som Krogh visade, ej längre till synes, om man undviker de av honom påpekade felkällorna. Man tillgrep nya försöksmetoder, avseende att åtkomma den omstridda företeelsen från nya synpunkter. Men läget ändrade sig ej. Krogh påvisade åter felkällor, efter vilkas uteslutande försöken vittnade för diffusionsteorien. Med en elegant försöksanordning lyckades Krogh slutligen visa, att de gasmängder, som under givna fysikaliska förhållanden måste tänkas diffundera genom lungblåsornas väggar, fullständigt täcka det faktiska gasutbytet även vid de största påkänningar. Sekretionsteorien kunde nu betraktas som en övervunnen ståndpunkt. En och annan berömd forskare håller visserligen ännu fast vid densamma, man kan säga intagen av möjligheten att tillämpa den Aristoteliska entelechien i modern fysiologi.

Det är emellertid icke dessa arbeten, huru förtjänstfulla de än äro, som prisbelöningen närmast avser. Avgörandet av en stridsfråga, därvid frågeställning och det slutliga resultatets räckvidd äro från början givna, torde näppeligen kunna betecknas som en upptäckt. De anförda arbetena utgöra närmast inledningen till en forskningsverksamhet, som fullföljt målet att utreda tillfredsställandet av vävnadernas syrebehov. Jag har i det föregående sökt giva en föreställning om gastransporten inom kroppen. Tack vare det förhållandet, att hjärtat kan prestera en efter behovet avpassad minutvolym, är det, som vi sett, möjligt att med ett jämförelsevis ringa

blodförråd på kort tid förflytta högst betydande gasmängder inom kroppen. De tal, jag därvid anförde, hava till väsentlig del framgått ur undersökningar av Krogh. I sina senaste arbeten har han gjort, vad man kallar den inre andningen, särskilt mekanismen för syretillförseln från kapillärer till vävnadselement, till föremål för sina undersökningar. Han har härmed beträtt ett forskningsområde, som varit jämförelsevis litet behandlat, och som erbjöd rika möjligheter till nya uppslag.

I fråga om utbytet mellan blodet i kapillärer och omgivande vävnad ha vi ingen anledning att antaga någon annan process än en diffusion. Men de fysikaliska faktorer, som behärska denna process, äro ej så lätta att överskåda. Vi kunna bestämma syrespänningen i det tillströmmande arteriella blodet och i det, som avflyter genom venerna. Vi kunna sålunda anse oss tämligen säkert känna syrespänningen i kapillärerna och även beräkna, i vilket omfång det tillförda syreförrådet blivit tillgodogjort. Diffusionshastigheten bestämmes av spänningsskillnaden mellan blod och omgivande vävnad. Men huru stor är syrespänningen i vävnaden utanför kapillärerna, eller rättare sagt, huru stor är den i olika punkter mellan dem? Att direkt bestämma densamma stöter på tekniska svårigheter. Den, som först klarlagt dessa förhållanden på ett matematiskt fattbart sätt, är Krogh. Med en synnerligen sinnrik metod bestämde han diffusionskonstanten för gaser i olika organiska vävnader, särskilt muskler. I denna vävnad förete kapillärerna en så enkel och regelbunden geometrisk anordning, att kapillärnätets dimensioner utan svårighet kunna införas i en kalkyl. Därmed hade han en möjlighet att beräkna skillnaden mellan syrespänningen i blodet i kapillärerna och i en punkt vilken som helst i vävnaden mellan dem. Beräkningen gav vid handen, att syrespänningen i muskelvävnaden till och med vid intensivt arbete endast obetydligt understiger spänningen i kapillärerna. Resultatet var så till vida överraskande, som man på goda grunder antagit syrespänningen i den vilande muskeln vara ganska låg och man hade skäl att vänta sig ännu lägre värden vid arbete, då förbrukningen ökas. Å andra sidan måste man medgiva, att en hög syrespänning i muskelvävnaden under arbetet skulle gynna den hastiga materialförbrukningen under dessa förhållanden. All motsägelse försvinner emellertid, som Krogh framhåller, om man i den anförda kalkylen låter avståndet mellan de blodförande kapillärerna variera med syreförbrukningen eller med andra ord antager, att muskelvävnadens samtliga kapillärer bli blodförande först vid de högsta graderna av verksamhet. Krogh kom sålunda på den tanken, att av kroppens kapillärer endast en del äro samtidigt blodförande i vila, och att dessas antal

ökas, då det gäller att genomsläppa en starkare blodström, d. v. s. en större minutvolym. Antagandet är synnerligen plausibelt. Vore de blodförande kapillärernas antal oföränderligt, så måste en ökning av minutvolymen medföra motsvarande ökning av den liniära strömhastigheten. Vad som vunnes för diffusionsprocessen genom ökad blodtillförsel, ginge åtminstone delvis förlorat genom den ökade hastigheten och inskränkningen i den tid, blod och kapillärvägg beröra varandra under ett omlopp. En ökning av de blodförande kapillärernas antal åter betyder uppenbarligen en förstoring av diffusionsytan och möjliggör ett verkligt utnyttjande av den ökade minutvolymen, som hjärtat presterat.

Men antagandet måste bekräftas. Krogh tillgrep samma förfaringssätt som Malpighi en gång användt, nämligen mikroskopisk undersökning av olika organ med bibehållande av blodströmmen. Särskilt visade sig grodans tunga vara ett lämpligt undersöksobjekt. Han kunde då iakttaga, hurusom vid olika ingrepp en del förut osynliga kapillärer dyka upp i synfältet och bli blodförande för att sedermera sammandraga sig och försvinna. Mekanisk retning med en fin nålspets bringar kapillärer i den närmaste omgivningen att öppna sig. I vilande muskler ser man endast sparsamma kapillärer med betydande mellanrum. Försättes muskeln i verksamhet, ändras bilden med ens. Muskeln visar sig genomdragen av ett tätt kapillärnät, som man känner igen från anatomernas injektionspreparat. En tid efter det den återgått till vila, äro de talrika kapillärerna åter försvunna. Krogh fann sålunda sin förmodan bekräftad. Det så att säga effektiva kapillärnätet i en vävnad är av mycket växlande täthet under olika fysiologiska förhållanden och motsvarar endast i vissa fall de bilder, anatomerna funnit å väl lyckade injektionspreparat.

Genom mångfaldigt varierade försök har Krogh övertygat sig om, att det ej är en stegring av blodets tryck i den tillförande arteren, som bringar kapillärerna att öppna sig. Man måste sålunda antaga, att de befinna sig i ett tillstånd av tonus (ihållande sammandragning), vilken periodvis och under inverkan av vissa retmedel bringas till avslappning. Kapillärernas vidd bestämmes sålunda ej enbart av blodtrycket i den tillförande arteren, såsom man vanligen föreställt sig. I sådant fall måste närliggande kapillärer samtidigt utspännas, resp. sammandraga sig. Kapillärväggen besitter uppenbarligen kontraktilitet, d. v. s. en mekanism, som gör att väggen ger efter för trycket inifrån i växlande grad i varandra närliggande kapillärer och i olika tidsmoment.

En analog mekanism är den vasomotoriska, sedan snart tre kvarts

sekel bekant genom man kan säga otaliga undersökningar alltsedan HENLES upptäckt av den glatta kärlmuskulaturen, CLAUDE BERNARDS upptäckt av de kärlsammandragande och de kärlutvidgande nerverna samt LUDWIGS utredning av dessa delars betydelse för blodströmmen. Med hänsyn till slutleden i denna mekanism, ringmusklerna i de medelstora och fina arterernas väggar, bör densamma, som Krogh framhåller, rätteligen benämnas arteriomotorisk. Genom Kroghs undersökningar ådagalägges tillvaron av ytterligare en regulationsmekanism för blodströmmen, en kapilläromotorisk. De två mekanismerna äro skilda, ej allenast anatomiskt utan jämväl, som Krogh visat, i sitt förhållande till nervsystemet och till gifter såsom adrenalin, uretan och kokain. Den viktigaste skillnaden ligger emellertid i deras olika fysiologiska uppgift. Den arteriomotoriska mekanismen fördelar den av hjärtat presterade minutvolymen på kroppens olika organ, den kapilläromotoriska reglerar inom de olika organen gränsytan mellan blod och vävnad, den yta som all materialtillförsel till vävnaderna har att passera.

Man kan nu med skäl fråga: Under den långa tid, som förflutit, sedan Malpighi såg blodströmmen i kapillärerna, har ej någon iakttagit, att dessa äro kontraktila? Jo väl. Flera forskare hava sett kapillärer ändra sin vidd under olika inflytanden. Ingen har emellertid kommit på tanken att undersöka, huruvida dessa företeelser kunna stå i samband med en ny mekanism, till anordning och uppgift skild från den kända vasomotoriska regulationsmekanismen. Man kommer härvid att tänka på utvecklingens gång vid blodomloppets upptäckt. Under flera århundraden före Harvey hade läkare haft tillfälle att iakttaga, hurusom efter anläggandet av bindan före en åderlåtning venerna ansvälla på andra sidan om bindan från hjärtat räknat. Ingen kunde emellertid inse, att denna iakttagelse är oförenlig med antagandet, att blodet i venerna strömmar från hjärtat. CESALPINI, som hans landsmän hava tillskrivit äran av blodomloppets upptäckt, kom så långt, att han ansåg blodet i venerna under sömnen strömma till hjärtat. En svensk tecknare av blodomloppets upptäckt, PER HEDENIUS, säger om honom, att han en gång vara nära att erövra den lager, eftervärlden tilldelat Harvey, men icke gjorde det. Vi kunna säga, att det fattades honom det kvantitativa betraktelsesätt, Harvey tillämpade. Vi kunna också förstå, att enbart iakttagelsen av en kapillärkontraktion svårligen kan leda tanken på en mekanism av den art, Krogh upptäckt. Härför erfordras jämväl ett kvantitativt betraktelsesätt ifråga om materialtransporten med blodströmmen.

Herr Professor Krogh.

Det har förunnats Eder att göra en betydelsefull upptäckt inom fysiologien. Karolinska Institutets Lärarkollegium, som räknar det som en ära och glädje att vara bland de första att giva Eder ett offentligt erkännande härför, ber Eder att ur vår Konungs hand emottaga Alfred Nobels pris.

PRIX NOBEL DE PHYSIOLOGIE ET DE MÉDECINE

DE 1920.

Discours de M. le professeur J. E. JOHANSSON, président du comité Nobel pour la médecine.

Majesté, Altesses, Mesdames, Messieurs,

Comme première application d'une notion quantitative dans le domaine de la physiologie, on cite le calcul sur lequel HARVEY fonda sa théorie de la circulation du sang. Dans son écrit bien connu de 1628, Harvey mit en relation d'un côté le débit et la fréquence des pulsations du cœur et de l'autre la quantité de sang que contient le corps humain. Puis il démontra que la provision de sang qui, à un moment donné, se trouve à la disposition du corps passe par le cœur en moins d'une minute. Selon une conception qui date de l'antique le sang envoyé par le cœur dans les différentes parties du corps est assimilé et remplacé simultanément par une transformation des aliments dans le canal intestinal. Supposer une formation de sang suffisante pour maintenir le courant sanguin chassé par le cœur, dont Harvey avait établi le calcul, était évidemment absurde. Il ne restait donc plus qu'à admettre une circulation. Il faut évidemment que la quantité de sang que, par les artères, le cœur envoie dans les différentes parties du corps soit transvasée dans les veines et ramenée par elles au cœur. Il ne fut pas donné à Harvey de voir la jonction entre les artères et les veines. Il n'avait pas, pour cela, les moyens techniques à sa disposition. Ce fut, on le sait, MALPIGHI qui découvrit en 1661, quatre ans après la mort de Harvey, le dernier joint de la circulation. A l'aide d'un simple microscope agrandissant 180 fois, il observa comment, par de fins tuyaux, le sang coule des artères dans les veines. Ces tuyaux, appelés *capillaires*, d'un diamètre de quelques millièmes de millimètre, forment, comme nous le savons maintenant, des lacis de forme et de densité variables dans les différents tissus. En traversant ce lacis, le sang remplit la mission que, depuis des temps immémoriaux, on lui attribue, savoir celle

d'entretenir les fonctions vitales. A travers la paroi extrêmement mince des capillaires, le sang soit dégage soit absorbe les substances qui se consument, respectivement celles qui se forment, dans les tissus environnants, et il aménage par là les transports dans le corps des matières nécessaires à l'entretien des fonctions vitales. Afin de donner une idée de ces transports de matières, je vais citer quelques chiffres: chez un homme au repos, il est transporté des poumons aux tissus environ 300 centimètres cubes d'oxygène, tandis que simultanément environ 250 centimètres cubes d'acide carbonique sont envoyés dans la direction opposée. En cas d'un fort travail musculaire ces quantités peuvent être portées au décuple. Cette augmentation est en rapport avec le renouvellement des matériaux que le sang apporte, pour une très grande partie au cours du travail, des différents dépôts que possède le corps. La quantité de sang contenue dans le corps s'élève à environ 4 litres. Ce n'est cependant pas cette quantité de sang, pour ainsi dire stagnante, qui, dans cet ordre d'idées, nous intéresse spécialement. C'est le courant sanguin, dont habituellement on indique l'intensité par ce qu'on est convenu d'appeler le *volume-minute*, c.-à-d. la quantité de sang qui en une minute traverse la coupe transversale du circuit, coupe que nous pouvons nous figurer faite au travers de l'aorte, par exemple, à sa sortie du cœur, ou bien au travers de tous les capillaires des différentes parties du corps. Le volume-minute, ou ce qu'on pourrait appeler la quantité de sang effective, s'élève à environ 3 litres au repos et peut monter jusqu'à 30 litres au travail.

De ce que je viens de dire ressort l'intérêt qui, au point de vue physiologique, se rattache aux mécanismes qui régissent *le courant sanguin des capillaires* ainsi qu'aux processus déterminant *le transport de matières à travers la paroi des capillaires.* Dans ce domaine de la physiologie, M. AUGUST KROGH professeur à l'Université de Copenhague, a fait une découverte que le Collège des professeurs de l'Institut Carolin a jugée d'une importance telle qu'il lui a décerné cette année le prix Nobel destiné à récompenser des découvertes dans le domaine de la physiologie et de la médecine.

Les travaux par lesquels, il y a un peu plus de 10 ans, M. Krogh obtint la situation qu'il occupe dans le monde savant, traitaient *l'échange des gaz dans les poumons*, et avaient pour point de départ la question de savoir si ce phénomène doit être considéré comme une diffusion ou comme une sécrétion de gaz. Cette question s'était attiré un intérêt tout spécial par les brillants travaux du maître de M. Krogh, le savant danois CHRISTIAN BOHR, sur la chimie de la respiration.

Les poumons consistent, on le sait, en une multitude de petites alvéoles dont les parois sont entrelacées de capillaires. Entre l'air des alvéoles pulmonaires et le sang des capillaires, il y a donc une paroi, dont l'épaisseur est de quelques millièmes de millimètre. Au travers de cette paroi, il se fait un échange d'oxygène et d'acide carbonique entre le sang et l'air pulmonaire. L'explication la plus naturelle de cet échange de gaz, c'est de supposer que les molécules gazeuses entrent ou, comme on dit, se dissolvent dans la paroi et qu'ils la traversent dans la direction d'une pression plus forte vers une pression plus faible, tout comme dans le phénomène physique bien connu qu'on appelle la diffusion. Selon cette supposition, la paroi serait elle-même absolument passive. Elle forme cependant une partie de l'organisme vivant et pourrait fort bien être le siège de fonctions spéciales — fonctions qu'on pourrait assimiler à celles d'une glande. Il s'agissait donc ici, comme dans bien d'autres cas, de choisir entre l'application d'une simple thèse de physique et une conception teintée pour ainsi dire de vitalisme.

Dans cette discussion, M. Krogh représentait la théorie de la diffusion. Ses contributions se distinguent par une critique expérimentale supérieure. Je me bornerai à citer sa méthode pour déterminer les tensions des gaz dans le sang. Comme ses devanciers, il analyse le contenu d'une chambre à gaz qui a pu se mettre en équilibre par rapport au courant sanguin; mais il réduit cette chambre à gaz à une petite bulle d'air, tandis que ses prédécesseurs travaillaient avec des récipients tellement volumineux que, dans bien des cas, il était impossible d'obtenir, en fait, une égalisation de pression par rapport au courant sanguin. A l'appui de la supposition d'une sécrétion de gaz dans le poumon, on avait cité des observations qui semblaient indiquer que l'absorption de l'oxygène pût produire dans le sang artériel une tension oxygénique plus élevée que celle de l'air pulmonaire. Des différences de tension de ce genre ne se produisent plus, comme l'a démontré M. Krogh, si l'on évite les sources d'erreur indiquées par lui. On eut recours à d'autres méthodes pour essayer de présenter sous des points de vue nouveaux le phénomène discuté. Mais la situation ne changea point. M. Krogh signala encore des sources d'erreur, après l'élimination desquelles les expériences témoignèrent en faveur de la théorie de la diffusion. Finalement, M. Krogh réussit à démontrer, par une méthode fort élégante, que les quantités de gaz qui, dans des conditions physiques données, doivent nécessairement être considérées comme se diffusant à travers les parois des alvéoles pulmonaires, correspondent exactement à l'échange de gaz tel

qu'il se produit réellement, même en cas de demande outrée. Dès lors, la théorie de la sécrétion pouvait être considérée comme ayant fait son temps. Il est vrai que certains savants renommés la défendent encore, on dirait, épris de la possibilité d'appliquer l'entéléchie d'Aristote à la physiologie moderne.

Ce ne sont cependant pas ces travaux, si pleins de mérite qu'ils soient, que veut récompenser le prix Nobel. Trancher une question en litige, dont la position et la portée sont connues d'avance, ne saurait guère être considéré comme une découverte. Les travaux de M. Krogh que j'ai mentionnés forment en quelque sorte l'introduction à d'autres recherches ayant pour but de déterminer *le processus par lequel se satisfait le besoin d'oxygène des tissus.* Dans l'exposé que je viens de faire, j'ai essayé de donner une idée de ce que c'est que le transport des gaz dans le corps humain. Grâce à l'heureuse propriété du cœur de pouvoir fournir un volume-minute élastique et approprié aux besoins, il est, comme nous venons de le voir, possible à une provision de sang relativement faible de transporter en peu de temps des quantités de gaz des plus considérables. Les chiffres que je citais à l'appui sont, pour la plus grande partie, tirés des publications de M. Krogh. Dans ses derniers travaux, il a dirigé ses recherches sur ce qu'on appelle la respiration interne et surtout sur le mécanisme du transport de l'oxygène des capillaires dans les éléments des tissus. Ce faisant, il a abordé un domaine qui jusqu'ici avait été relativement peu exploré mais offrait un champ d'expériences fécondes à des conceptions nouvelles.

En ce qui concerne l'échange qui se fait entre le sang des capillaires et le tissu environnant, nous n'avons pas lieu de supposer d'autre processus que la diffusion. Mais pour ce qui est des facteurs physiques qui le régissent, il n'est point très facile de les reconnaître. Nous pouvons déterminer la tension oxygénique du sang qui afflue dans les artères et de celui qui s'écoule dans les veines. Nous nous croyons donc autorisés à penser que nous connaissons d'une manière assez sûre la tension oxygénique dans les capillaires et nous pouvons en outre calculer dans quelle mesure la provision d'oxygène apportée par les artères aura été utilisée. Le degré de rapidité de la diffusion est déterminé par la différence qu'il y a entre la tension du sang et celle du tissu environnant. Mais quelle est la tension oxygénique du tissu au dehors des capillaires, ou plutôt quelle est cette tension à différents points de l'espace intermédiaire? Si l'on cherche à la déterminer directement, on se heurte à des difficultés d'ordre technique.

Celui qui le premier a élucidé cette question d'une manière mathématiquement compréhensible, c'est M. Krogh. Par une méthode d'investigation extrêmement ingénieuse, il a déterminé la constante de la diffussion des gaz dans différents tissus organiques et surtout dans les muscles. Dans ce tissu, les capillaires présentent une disposition géométrique si simple et si régulière que les dimensions du lacis capillaire peuvent être comprises sans difficulté dans un calcul. Ainsi il a trouvé un moyen de calculer la différence qu'il y a entre la tension oxygénique du sang des capillaires et celle qui se produit à n'importe quel point du tissu intermédiaire. Ce calcul démontre que la tension oxygénique du tissu musculaire, même en cas d'un travail intensif, n'est que très peu inférieure à celle des capillaires. Le résultat obtenu par M. Krogh est surprenant en ce sens qu'on s'était cru fondé jusqu'alors à supposer la tension assez minime dans le muscle au repos, ce qui aurait amené la constatation de valeurs encore moindres au travail, la consommation étant alors plus forte. Il faut reconnaître, d'autre part, qu'une haute tension oxygénique dans le tissu musculaire au travail devrait favoriser dans ces conditions la consommation rapide des matières. Toute contradiction disparaît cependant, comme le fait ressortir M. Krogh, si, dans le calcul précité, on laisse varier la distance qui sépare les capillaires sanguins avec la consommation de l'oxygène, ou, en d'autres mots, si on admet que tous les capillaires du tissu musculaire ne deviennent sanguins que lorsque celui-ci a atteint son plus haut degré d'activité. Il vint donc à l'idée de M. Krogh qu'il n'y a qu'un certain nombre de capillaires qui soient simultanément sanguins au repos, et que ce nombre augmente, lorsqu'il s'agit de laisser passer un courant de sang plus fort, c.-à-d. un volume-minute plus considérable. Cette supposition est assez plausible. Si le nombre des capillaires sanguins était invariable, une augmentation du volume-minute amènerait une accélération correspondante de la vitesse linéaire du courant. Ce que gagnerait le processus de la diffusion par une affluence de sang plus considérable se perdrait, du moins en partie, par l'accélération de la vitesse et par la réduction du temps où, pendant le circuit, le sang et la paroi capillaire se trouveraient en contact. Par contre une augmentation du nombre des capillaires sanguins signifierait évidemment un agrandissement de la surface de diffusion et rendrait possible l'utilisation réelle du plus grand volume-minute fourni par le cœur.

Mais il fallait la confirmation de l'hypothèse. M. Krogh recourut au même procédé dont se servit jadis Malpighi, à savoir l'examen au microscope de différents organes, tout en conservant le courant sanguin. La

langue de la grenouille surtout apparut un excellent sujet d'expérimentation. En l'examinant, il put observer comment, à différentes interventions, un certain nombre de capillaires jusqu'alors invisibles montaient à la surface du champ visuel et devenaient sanguins, pour se rétrécir ensuite et disparaître. Une excitation mécanique avec la pointe fine d'une aiguille fait s'ouvrir les capillaires immédiatement environnants. Dans les muscles, on ne constate que de rares capillaires séparés par des intervalles considérables. Si le muscle est mis en action, l'image change aussitôt. On constate que le muscle est entrelacé d'un réseau capillaire très serré, que l'on reconnaît bien d'après les préparations à injections des anatomistes. Un moment après que le muscle est revenu au repos, les nombreux capillaires ont disparu à nouveau. M. Krogh trouva ainsi la confirmation de son hypothèse. Le lacis capillaire, pour ainsi dire effectif, d'un tissu est d'une densité fort variable dans différentes conditions physiologiques et ne correspond que dans des cas spéciaux aux images obtenues par les anatomistes dans les préparations à injections bien réussies.

Par des expériences extrêmement variées, M. Krogh s'est bien rendu compte que ce n'est point par une augmentation de la pression du sang dans l'artère affluente que les capillaires sont amenés à s'ouvrir. On doit donc admettre qu'ils se trouvent en un état de »tonus» (de contractation continue), qui, par périodes et sous l'action de certains excitants, est amené à se relâcher. Le volume des capillaires n'est donc pas déterminé uniquement par la pression sanguine dans l'artère affluente, comme on se le figure généralement. Il faudrait alors que les capillaires voisins se gonflent ou se rétrécissent simultanément. La paroi capallaire est évidemment douée de contractilité, c.-à-d. qu'il y a un mécanisme qui fait que la paroi, à des moments différents, cède, à un degré variable, à la pression interne des capillaires voisins.

Nous possédons un mécanisme analogue dans l'appareil *vaso-moteur*, connu depuis bientôt trois quarts de siècle par des recherches qu'on peut bien qualifier d'innombrables, depuis la découverte de la musculature lisse des vaisseaux par HENLE, celle des nerfs vaso-constricteurs et vaso-dilatateurs par CLAUDE BERNARD et l'explication fournie par LUDWIG de l'influence exercée par ces parties sur le courant sanguin. Ce mécanisme, etant donné son point d'arrêt par les muscles à fibres circulaires des artères moyennes et des artérioles, doit, comme le fait remarquer M. Krogh, être dénommé plutôt *artério-moteur*. Les recherches de M. Krogh démontrent encore l'existence d'un appareil régulateur du courant sanguin, le

mécanisme *capillaro-moteur*. Ces deux mécanismes diffèrent non seulement au point de vue anatomique mais encore, comme l'a prouvé M. Krogh, par leur rapport avec le système nerveux et leur réaction contre certains poisons comme l'adrénaline, l'urétane et la cocaïne. La différence la plus importante entre ces deux mécanismes consiste cependant en leur rôle différent au point de vue physiologique. Le mécanisme artério-moteur distribue le volume-minute fourni par le cœur aux différents organes du corps, tandis que l'appareil capillaro-moteur règle, dans les différents organes, la surface formant limite entre le sang et le tissu, la surface au travers de laquelle devra passer tout apport de matières destiné au tissu.

Ici une question s'impose. Pendant le long espace de temps écoulé depuis le moment où Malpighi vit le courant sanguin dans les capillaires, la contractilité de ces derniers n'a-t-elle été observée par personne? Mais certainement oui. Plusieurs savants ont vu les capillaires changer sous des influences variées. Aucun d'eux n'a cependant eu l'idée de rechercher si ces phénomènes peuvent être en rapport avec un mécanisme nouveau, différent, quant à sa disposition et à son rôle, du mécanisme de régulation vaso-moteur qui était connu. Ceci fait penser à l'évolution qui aboutit à la découverte de la circulation du sang. Avant Harvey, bien des médecins, durant plusieurs siècles, avaient eu l'occasion de constater comment, après l'application de la bande à ligature au moment d'une saignée, les veines se gonflent du côté de la ligature éloigné du cœur. Aucun d'eux n'a cependant su comprendre que cette constatation est incompatible avec l'hypothèse qui veut que le sang des veines vienne du cœur. CÉSALPINI, à qui ses compatriotes attribuent la découverte de la circulation du sang, alla jusqu'à croire que le sang des veines afflue au cœur *durant le sommeil*. Un historien suédois, PER HEDENIUS, qui a décrit la découverte de la circulation du sang, dit de lui qu'il fut presque sur le point de conquérir le laurier que la postérité allait décerner à Harvey, mais qu'il n'y arriva pas. Nous pouvons dire que la notion quantitative, dont se servit Harvey, lui faisait défaut. Nous pouvons comprendre de même que l'observation seule de la contraction capillaire ne saurait guère faire penser à un mécanisme du genre de celui découvert par M. Krogh. Il fallait, pour y arriver, appliquer une notion quantitative également au transport des matériaux dans le courant sanguin.

Monsieur le Professeur Krogh,

Il vous a été donné de faire une découverte importante dans le domaine de la physiologie. Le Collège des professeurs de l'Institut Carolin, qui revendique l'honneur et la joie d'être parmi les premiers à vous en donner un témoignage public de reconnaissance, vous prie de vouloir bien recevoir le prix Alfred Nobel de la main de notre Roi.

1919 ÅRS NOBELPRIS I LITTERATUR.

(Übersetzung, S. 86.)

Ordföranden i Svenska Akademiens Nobelkommitté, professor HARALD HJÄRNE yttrade:

Svenska Akademien har i överensstämmelse med Nobelstiftelsens grundstadgar tillerkänt den schweiziske skalden CARL SPITTELER det från föregående år reserverade priset för hans episka diktverk »Olympischer Frühling».

Om detta arbete kan i sanning sägas, att dess »betydelse först under senaste tiden blivit ådagalagd», att alla tvivelsmål, som kunna träda i vägen för dess fulla uppskattning, krävt ett synnerligen allvarligt och mångsidigt övervägande, innan dess visserligen icke omedelbart iögonfallande förtjänster hunnit fattas i sitt hela och rätta värde, ej blott såsom den poetiska formens skönhetsdrag, utan framför allt såsom de konstnärligt helgjutna uttrycken för en överlägsen och snillrik skaparkraft av sällsport självständig och ideal innebörd.

Därmed är ingenting sagt, som kunde tydas såsom i minsta mån bestyrkande den uppfattningen, att denna dikt vore en frukt snarare av en med tankens dunkel kämpande ansträngning än av den fria och ljusa ingivelsens alstringsförmåga. Att skaldens konst och lyssnarens eller granskarens värdesättning ej genast kunnat mötas, vittnar i detta fall, utan skuld eller anklagelse å någon sida, endast om verkets så mycket djupare och rikare halt, som måste påkalla motsvarande försynta omdömen för att till fullo avslöjas.

Spittelers »Olympischer Frühling» har först i sitt omarbetade och definitiva skick av år 1910 väckt någon livligare anklang i hans hemland och i Tyskland. År för år och ej minst efter kriget har likväl intresset stegrats och läsarnas krets vidgats; den upplaga, som föreligger för innevarande år, är beräknad till flere tusentals exemplar. Det vill säga mycket, när det är fråga om någonting så föga tidsenligt som ett versepos om Olympens gudar, vars omfång går upp till i det närmaste 600 sidor, med anspråk, i kraft av diktartens väsen, på en någorlunda lugn och uppmärksam genomläsning i sammanhängande följd. Den författare, som flera årtionden igenom offrat hela sin förmåga åt ett dylikt vågspel, har förvisso med berått mod och hänsynslöst ställt sig avsides från tidens hetsjakt och knappast ägnat några tankar åt de moderna kraven på tillräcklig arbetslön.

Han har ingenting gjort för att mildra dessa motsatser. Tvärtom, liksom med avsikt har han valt sitt ämne och dess behandlingssätt så, att många läsare av olika sinnesläggning och tycken, med vitt skilda förutsättningar i bildning och smak måste känna sig nästan lika mycket förbryllade, kanske rent av frånstötta, när de försökte sätta sig in i den poetiska värld, som han avtäcker för deras blickar. Han har från första början varit nog djärv att vädja till deras tålamod, till deras ihärdighet att följa honom ända till slutet på hans sällsamma vägar, som belysas allenast av handlingens klara och aldrig avbrutna framfärd, av hjältarnas öppna självbekännelser och deras, trots den episka ramen, dramatiskt spända ordskiften med varandra. Det är, om man så vill, homeriska drag, som sålunda kunna spåras av kännaren, ehuru han med förundran finner sig bortförd till ett obekant, aldrig på förhand skymtande slutmål.

Men eljest, vilken bjärt, ja, skärande kontrast emellan den homeriska Olympen och Spittelers egenmäktigt tillskapade mytologi! Ingenting kan vara mindre rättvist än att förebrå honom någon böjelse att locka filologer eller andra lärdomsidkare med långsökta anspelningar eller djuptänkta symboler, hämtade från deras fack. Hans olympier och heroer, hans myter och orakel, som blott här och där i stil och ton påminna om hellenernas äldre diktande filosofer, kunna varken förklaras såsom härstammande från den vetenskapliga antikforskningens senaste resultat eller åberopas såsom intygande skaldens beroende av några mer eller mindre allegoriserande tolkningsförsök. Lika litet kan det vara tal om någon »tredje del av Goethes Faust», såsom man velat antyda. Spitteler härmar ingen, ej ens den åldrige Goethe, i strävandet att, under Helenas och Fausts masker, förlika klassiskt jämnmått med lidelsefull romantik. Spittelers mytologi är den rent personliga omklädnaden, det med hans egen bildningsgång naturligen givna uttrycket för det myllrande liv av kämpande gestalter, som han frambesvärjer för att inom den ideala fantasiens rymder avspegla mänskliga mödor, förhoppningar och gäckelser, mångfaldiga människoöden och deras omskiften, under viljefrihetens kamp mot det förelagda tvånget. Vad frågar han efter, om den gängse estetiska upplysningen har svårt att finna sig till rätta med denna, såsom det förefaller, fantastiska blandning av verklighet och drömvärld under godtyckligt missbrukade fabelnamn?

Att här, även i så omsorgsfullt utarbetat sammandrag som möjligt, redogöra för handlingens gång i »Olympischer Frühling» skulle ej giva någon klar föreställning om innehållets rikedom, om de särskilda växlande episodernas lysande åskådlighet och gripande kraft, än mindre om deras

fasta sammanfogning till ett verkningsfullt helt. Det må vara nog att framhålla, att det bländande levernet i njutningar och kraftprov på gudaborgen och inom världsrymden utmynnar i rådvill vanmakt inför människornas otacksamma självsvåld och brottsliga elände. Zeus' dödlige son Herakles måste utrustas med de högsta fullkomligheter av sin fader, av hans fränder och vänner, men tillika med den hatfulla Heras, gudadrottningens, förbannelser för att lämna Olympen och på jorden, även otackad, fullgöra medlidandets och modets verk.

Olympierna med alla sina bragder och äventyr, sina segerrika strider och sitt inbördes kiv, äro själva egentligen övermänniskor, som skalden endast skattar i den mån de mäkta göra sig till herrar över sina egna nycker och drifter.

Der Weise zügelt, der Tor lässt Willkür walten.

Över dem alla svävar en oblidkelig världsordning, som tager skepnad i mörka och hemska ödesmakter. Men närmare än dessa äro de mekaniserande, själlösa naturkrafter, som det är gudars och människors uppgift att taga i sin tjänst för egen och andras välfärd, men som, missbrukade av ondskan och övermodet, driva dem till narrspel och i fördärv. Det vimlar av luftskepp och andra märkliga uppfinningar i detta epos, som även med sina kupolprydda byggnadsverk och ståtliga pelarsalar vida överglänser den homeriska enkelheten. Men t. ex. i det fräcka plattfotsfolkets stämplingar att störta Apollo från hans världsmakt genom en konstgjord sol, i dess förmätenhet att angripa honom i luften med en illslugt konstruerad farkost och giftiga dunster, skönjes det förfall, som hotar mänskligheten genom den på utvärtes maktmedel stödda självtillitens överspänning.

Med en lekande humor, som ofta erinrar om Ariosto, skildrar Spitteler dylika bedrifter och även sina hjältars underliga färder och företag. Han förfogar i sin framställning över mångahanda tonarter och färger, från de högstämda allvarsorden till liknelsernas sorgfälliga penseldrag och de livfulla naturmålningarna, som visserligen snarare återspegla hans hemlands alptrakter än grekiska nejder. Genom hela diktens sexfotade jamber med ömsom manliga och kvinnliga rim strömmar det mästerligt behandlade språket i en styrka och glans, som ständigt bevaras lika levande, ofta med en omisskännelig schweizisk skiftning.

Till den självständiga kultur, som präglar Spittelers skaldeverk, är det Akademien kärt genom detta pris bringa sin hyllning.

Eftersom hr Spitteler av sjuklighet är hindrad att här infinna sig, kommer priset att tillställas honom genom Schweiz' beskickning.

NOBELPREIS DER LITTERATUR FÜR 1919.

Der Vorsitzende des Nobelkomitees der Schwedischen Akademie, Professor HARALD HJÄRNE, hielt nachstehende Ansprache:

Die Schwedische Akademie hat in Übereinstimmung mit den Satzungen der Nobelstiftung dem schweizerischen Dichter CARL SPITTELER den vom vorhergehenden Jahre reservierten Preis für seine epische Dichtung »Olympischer Frühling» zuerkannt.

Von dieser Arbeit lässt sich in Wahrheit sagen, dass ihre »Bedeutung erst während der letzten Zeit dargetan worden ist», dass alle Zweifel, die ihrer vollen Würdigung in den Weg treten können, einer sehr ernsten und vielseitigen Erwägung bedurft haben, ehe ihre allerdings nicht sofort in die Augen fallenden Verdienste ihrem ganzen und rechten Werte nach erfasst werden konnten, nicht nur als Schönheitszüge der poetischen Form, sondern vor allem als die künstlerisch harmonischen Ausdrücke einer überlegenen und genialen Schöpferkraft von in seltenem Masse selbständigem und idealem Gehalt.

Damit ist nichts gesagt, was in mindestem Grade als eine Bestätigung der Auffassung gedeutet werden könnte, dass dieses Gedicht eher die Frucht einer mit dem Dunkel des Gedankens kämpfenden Anstrengung als eine solche des schöpferischen Vermögens der freien und lichten Eingebung wäre. Dass die Kunst des Dichters und die Wertschätzung des Hörers oder des Kritikers sich nicht sogleich haben finden können, zeugt in diesem Falle, ohne Schuld oder Anklage nach irgend einer Seite hin, nur von dem um so tieferen und reicheren Gehalt des Werkes, den völlig zu entschleiern es eines entsprechend achtsamen Urteils bedarf.

Spittelers »Olympischer Frühling» hat erst in seiner umgearbeiteten und endgültigen Gestalt vom Jahre 1910 lebhafteren Anklang in seiner Heimat und in Deutschland erweckt: Jahr für Jahr und nicht zum wenigsten nach dem Kriege hat sich jedoch das Interesse gesteigert und der Kreis

der Leser erweitert; die Auflage, die für das gegenwärtige Jahr vorliegt, ist auf mehrere tausend Exemplare berechnet. Das will viel sagen, wenn es sich um etwas so wenig Zeitgemässes wie ein Versepos von den Göttern Olymps handelt, dessen Umfang nahezu 600 Seiten beträgt, und das, kraft des Wesens der Dichtart, ein einigermassen ruhiges und aufmerksames Durchlesen in zusammenhängender Folge beansprucht. Der Schriftsteller, der mehrere Jahrzehnte hindurch seine ganze Kraft einem derartigen Wagnis opferte, hat sich fürwahr mit Vorbedacht und rücksichtslos abseits von der Hetzjagd der Zeit gestellt und kaum irgend welche Gedanken der modernen Forderung nach genügendem Arbeitslohn gewidmet.

Er hat nichts getan, um diese Gegensätze zu mildern. Im Gegenteil, wie mit Absicht hat er seinen Stoff und dessen Behandlungsweise so gewählt, dass viele Leser von verschiedener Gemütsart und Neigung, mit den verschiedensten Voraussetzungen an Bildung und Geschmack sich fast in gleichem Grade verwirrt, vielleicht geradezu abgestossen fühlen mussten, wenn sie versuchten sich in die poetische Welt hineinzuversetzen, die er vor ihren Blicken enthüllt. Er ist von Beginn an kühn genug gewesen, an ihre Geduld zu appellieren, an ihre Ausdauer, ihm bis an das Ende seiner seltsamen Wege zu folgen, die nur durch den klaren und nie unterbrochenen Fortschritt der Handlung, durch die offenen Selbstbekenntnisse der Helden und ihren, trotz des epischen Rahmens, dramatisch spannungsvollen Wortwechsel miteinander beleuchtet werden. Es sind, wenn man so will, homerische Züge, deren der Kenner gewahr wird, obwohl er mit Verwunderung sich nach einem unbekannten, nie im voraus sich darbietenden Endziele hin weggeführt findet.

Aber sonst, welch greller, ja, schneidender Kontrast zwischen dem homerischen Olymp und Spittelers eigenmächtig geschaffener Mythologie. Nichts kann weniger gerecht sein, als ihm eine Neigung vorzuwerfen, Philologen oder andere Jünger der Wissenschaft mit weit hergeholten Anspielungen oder ihren Fächern entnommenen tiefsinnigen Symbolen anzulocken. Seine Olympier und Heroen, seine Mythen und Orakel, die nur hier und da in Stil und Ton an die älteren dichtenden Philosophen der Hellenen erinnern, können weder als von den letzten Resultaten der wissenschaftlichen Antikenforschung herstammend erklärt, noch als Zeugnisse für die Abhängigkeit des Dichters von mehr oder weniger allegorisierenden Deutungsversuchen herangezogen werden. Ebensowenig kann von einem »dritten Teil von Goethes Faust« die Rede sein, wie man hat andeuten wollen. Spitteler ahmt niemand nach, nicht einmal den alternden Goethe,

in dem Streben, unter Helenas und Fausts Masken klassisches Ebenmass mit leidenschafterfüllter Romantik zu versöhnen. Spittelers Mythologie ist die rein persönliche Hülle, der bei seinem eigenen Bildungsgange natürlich gegebene Ausdruck des Lebensgewühles kämpfender Gestalten, die er heraufbeschwört, um in den Gefilden der idealen Phantasie menschliche Mühen, Hoffnungen und Enttäuschungen, mannigfaltige Menschenschicksale und ihren Wechsel unter dem Kampf der Willensfreiheit gegen den auferlegten Zwang abzuspiegeln. Was fragt er danach, ob es der landläufigen ästhetischen Autklärung schwer fällt, sich mit dieser, wie es scheint, phantastischen Mischung von Wirklichkeit und Traumwelt unter willkürlich missbrauchten Fabelnamen zurechtzufinden?

Hier, auch in so sorgfältig ausgearbeiteter Zusammenfassung wie möglich, über den Gang der Handlung im ›Olympischen Frühling‹ zu berichten, würde keine klare Vorstellung geben von dem Reichtum des Inhalts, von der leuchtenden Anschaulichkeit und ergreifenden Kraft der einzelnen wechselnden Episoden, viel weniger denn von ihrer festen Fügung zu einem wirkungsvollen Ganzen. Es genüge hervorzuheben, dass das blendende Leben in Genüssen und Kraftproben auf der Götterburg und im Weltall ausmündet in ratlose Ohnmacht angesichts der undankbaren Zügellosigkeit und dem verbrecherischen Elend der Menschen. Zeus' sterblicher Sohn Herakles muss mit den höchsten Vollkommenheiten von seinem Vater, von seinen Verwandten und Freunden, zugleich aber auch mit dem Fluch der hasserfüllten Hera, der Götterkönigin, ausgerüstet werden, um den Olymp zu verlassen und auf der Erde, auch ohne Dank, die Werke des Mitleids und des Mutes zu vollführen.

Die Olympier mit allen ihren Taten und Abenteuern, ihren siegreichen Kämpfen und ihrem Hader untereinander, sind selbst eigentlich Übermenschen, die der Dichter nur insoweit schätzt, als sie sich zu Herren ihrer eigenen Launen und Triebe zu machen vermögen.

Der Weise zügelt, der Tor lässt Willkür walten.

Über ihnen allen schwebt eine unerbittliche Weltordnung, die in düsteren und unheimlichen Schicksalsmächten Gestalt annimmt. Näher aber als diese sind die mechanisierenden, seelenlosen Naturkräfte, die in ihren Dienst zu eigener und anderer Wohlfahrt zu nehmen der Götter und Menschen Aufgabe ist, die aber, von Bosheit und Übermut missbraucht, sie zu Narrenspiel und ins Verderben treiben. Es wimmelt von Luftschiffen und anderen merkwürdigen Erfindungen in diesem Epos, das auch mit seinen kuppelgeschmückten Bauten und stattlichen Säulenhallen weit die homerische

Einfachheit überglänzt. In dem Komplott aber beispielsweise des frechen Plattfussvolkes, Apollo durch eine künstliche Sonne von seiner Weltmacht zu stürzen, in der Vermessenheit desselben, ihn in der Luft mit einem arglistig konstruierten Fahrzeug und mit giftigen Dünsten anzugreifen, giebt sich der Verfall kund, der der Menschheit durch die Überspannung des auf äussere Machtmittel gestützten Selbstvertrauens droht.

Mit einem spielenden Humor, der oft an Ariost erinnert, schildert Spitteler derartige Streiche und auch die wunderlichen Fahrten und Unternehmungen seiner Helden. Er verfügt in seiner Darstellung über vielerlei Tonarten und Farben, von den Worten hochgestimmten Ernstes bis zu den sorgfältigen Pinselstrichen der Gleichnisse und den lebensvollen Naturmalereien, die freilich eher die Alpengegenden seiner Heimat als griechische Gefilde widerspiegeln. Durch die sechsfüssigen Jamben der ganzen Dichtung mit abwechselnd männlichen und weiblichen Reimen strömt die meisterlich behandelte Sprache in einer Kraft und einem Glanze, der sich ständig gleich lebendig erhält, oft mit unverkennbar schweizerischer Tönung.

Es ist der Akademie eine Freude, der selbständigen Kultur, die sich in Spittelers Dichtung ausprägt, durch diesen Preis ihre Huldigung darzubringen.

Da Herr Spitteler durch Kränklichkeit verhindert ist, sich hier einzufinden, wird der Preis ihm durch die schweizerische Gesandtschaft zugestellt werden.

1920 ÅRS NOBELPRIS I LITTERATUR.

(Traduction, page 94).

Ordföranden i Svenska Akademiens Nobelkommitté, professor HARALD HJÄRNE, yttrade:

Svenska Akademien har, likaledes i överensstämmelse med Nobelstiftelsens grundstadgar, tillerkänt den norske diktaren KNUT HAMSUM 1920 års pris för hans arbete »Markens Gröde».

Det vore överflödigt att här närmare redogöra för innehållet i en bok, som inom kort tid efter sin tillkomst blivit, i original eller översättning, så vida spridd och läst i så många länder, där dess egendomliga berättelser och framställningssätt tillvunnit sig det livligaste intresse och bifall från läsare med de mest olikartade förutsättningar för övrigt. Helt nyligen lästes i en av Englands förnämsta veckoskrifter av strängt konservativ syftning, att detta arbete, som först i år blivit där tillgängligt, »allmänt hälsats som ett mästerverk». Orsakerna till denna obestridda framgång komma säkerligen att länge taga den litterära granskningens uppmärksamhet i anspråk, men förtjäna redan nu att under de första intrycken och åtminstone i huvuddragen framhållas.

Inga i våra dagar gängse föreställningar ha hindrat dem, som främst av allt vilja i dikten finna den levande verkligheten troget återgiven, att i »Markens Gröde» igenkänna bilder av ett liv, som överallt där människor bo och bygga, skapar själva grundvalen för samhällenas bestånd och uppväxt. Inga minnen från en rikt utvecklad, äldre och högre kultur störa dessa skildringar, som verka omedelbart genom sina kärva påminnelser om den för alla strävsamma människor ursprungliga gemensamma kampen, om än under olika yttre villkor, med en svårbetvungen och motspänstig natur. En skarpare motsats till vad som vanligen går under namn av klassicismens inflytande synes knappast tänkbar.

Och dock må med full rätt även detta verk kallas klassiskt i djupare och sannare mening än den i allmänhet vedertagna, så framt vi med denna beteckning åsyfta någonting annat och mera än ett obestämt lovord. Det

klassiska i vårt kulturarv från forntiden är mindre det mönstergilla, som framlockar efterhärmning, än det betydelsefulla, som är gripet ur livet i första hand och har fått en motsvarande utprägling av beståndande värde även för kommande tider. Det obetydliga, det i och för sig likgiltiga faller icke under detta begrepp, lika litet som det på måfå och bristfälligt återgivna. Men eljest är det intet av högre värde för människolivet, även det vardagliga, som ej kan, när det första gången behandlas efter sin rätta art, inrymmas under samma kategori som det utomordentliga och glansfulla med liknande betydelse och utprägling. I denna mening är det ej för djärvt att hävda, att Hamsun med »Markens Gröde» skänkt sin samtid en klassisk dikt, som väl kan mäta sig med det bästa vi redan äga. Forntiden har i detta avseende intet monopol, som ej därjämte är tillgängligt även för efterföljande släkten, så sant som livet är nytt och outtömligt och såsom sådant alltid kan återgivas i nya fulländade former av nya snillen.

Det är ett arbetes epos, som Hamsun har utformat i en förvisso monumental framställning. Det är ej fråga om det söndersplittrade arbete, som söndrar också människorna inom sig själva och från varandra, utan om ett sådant samlat arbete, som i sin renaste gestalt danar den helgjutna människan, läker och försonar söndrade sinnen, skyddar och ökar sina frukter i jämn och oavbruten förkovran. Markröjarens och den förste odlarens arbete i alla dess vedermödor får sålunda under diktarens hand en prägel av urtidens heroiska kamp, som ingalunda står efter den manliga självuppoffringens tjänst för vapenbröder och fädernesland. Liksom efter den homeriska hjältesången bondeskalden Hesiodos skildrade jordbrukarens mödor, så har Hamsun frammanat i sin diktnings förgrund den ideale arbetaren, som ägnar hela sitt liv och sin kraft åt att bryta bygd och att övervinna alla mötande hinder från människor och naturmakter. Har Hamsun själv lagt alla tyngande kulturminnen bakom sig, så har han med sitt eget arbete givit ett uppslag till den rätta tolkningen av den nya kultur, som vårt tidevarv vill vänta av kroppsarbetets framgångar såsom en fortsättning av den äldre.

Det är inga förment typiska, abstrakta skepnader, som Hamsun framför på sin skådebana. De äro alla levande människor, dessa hans hjältar och hjältinnor, alla i trånga och små villkor, somliga av dem och de bästa jordbundna i syften och tankar, främst den outtröttlige och tystlåtne bygdbrytaren själv, andra vacklande, förvirrade och ej sällan vilsegångna i självsika strävanden och dårskaper. De bära alla sin norska hembygds stämpel, betingas alla på olika sätt av »Markens Gröde». Det hör till egen-

heterna i våra besläktade tungomål, att samma ord ofta beteckna rätt olika skiftningar i betydelse och anknutna föreställningsbilder. När vi svenskar tala om »markens gröda», då tänka vi väl närmast på någonting frodigt, ymnigt och saftigt, helst i en av gammalt odlad åkerbruksbygd. I den riktningen går uppenbart icke bokens syfte. »Marken» är där den sträva, skrämmande *ödemarken*, och dess »Gröde» väller icke fram ur något ymnighetshorn, utan omfattar allt, som möjligtvis kan gro och trivas i denna svårarbetade jordmån, på gott och ont, vackert och fult, bland människor och djur såväl som i skogen och på åkern. Det är detta slags gröda, som Hamsun inbärgat i sin diktning.

Men icke förty känna vi svenskar, åtminstone många svenskar, oss någorlunda hemmastadda i de trakter och förhållanden, som skildras. Det är den norrländska luften, som slår oss till mötes, jämte allt vad därmed sammanhänger i naturomgivningar och samhällsliv, i så många avseenden med likartade verkningar å ömse sidor om riksgränsen. Författaren vet också att förtälja om svenska gäster, som känt sig dragna till den nybrutna bygden, för det mesta visserligen som ekonomiska frestare, liksom även norska kuststäder skymta i bakgrunden såsom det stora världslivets fällor för obefästa sinnen från det hårda arbetet på marken.

Dylika och andra mänskliga särdrag förringa ej, utan förstärka det mäktiga intrycket av berättelsens klassiska innebörd. De verka som motvikter mot farhågan, att idealen fått lysa igenom på sanningens bekostnad, de borga för teckningens ärlighet, bildernas och personligheternas äkthet. Det allmänt mänskliga i dess breda och betydelsefulla kännemärken skimrar ändå alltjämt fram. Därom vittnar tillika det mottagande, som arbetet rönt hos folk av skilda språk, lynnen och seder. Och till yttermera visso har författaren själv genom den lätta slöja av försonande humor, som han breder över det dystraste, han har att förtälja, tillräckligt tydligt angivit, vilken samkänsla han hyser för människors öden och skaplynnen. Men i den berättande framställningen tillåter han sig inga avsteg från det konstnärliga jämnmodet. Stilen följer osmyckad och trygg den sakliga klarhetens krav, och språket bjuder oss en personlig och kraftig gestaltning av diktarens mångskiftande modersmål.

Herr Knut Hamsun! Ni har genom att trots årstiden och den långa, särskilt i dessa dagar besvärliga färden, här infinna Eder för att mottaga det Eder tilldelade priset berett närmast Svenska Akademien en stor glädje, som helt visst delas av alla närvarande vid denna fest. Å Akademiens vägnar har jag efter bästa förmåga så långt tiden medgivit, sökt utveckla

åtminstone några av de bestämmande skälen för vår höga uppskattning av edert prisbelönade arbete. Till Eder personligen har jag därför i denna stund icke att vända mig med några upprepningar och tillägg. Det återstår mig blott att i Akademiens namn lyckönska Eder och att uttala den förhoppningen, att edert besök hos oss måtte hos Eder efterlämna sådana minnen, som förbinda Eder med oss även för framtiden.

PRIX NOBEL DE LITTÉRATURE
DE 1920.

Discours du président du Comité Nobel de l'Académie suédoise M. le professeur HARALD HJÄRNE.

Majesté, Altesses, Mesdames et Messieurs,

L'Académie suédoise, conformément aux statuts de la fondation Nobel, a décerné à l'écrivain norvégien KNUT HAMSUM le prix de littérature de 1920 pour son ouvrage «*Les Fruits de la Terre*» (*Markens Gröde*).

Il serait superflu d'exposer ici en détail le contenu d'un livre qui en peu de temps s'est répandu partout sous sa forme originale ou sous forme de traduction et qui, par l'originalité du récit et du style, a soulevé dans beaucoup de pays le plus vif intérêt, trouvant auprès des lecteurs les plus différents un accueil également favorable. On pouvait lire tout récemment dans une des principales revues anglaises, à tendances nettement conservatrices, que ce livre, paru en Angleterre cette année seulement, a été qualifié par tout le monde de chef-d'œuvre. Les raisons de cet incontestable succès retiendront sans doute longtemps l'attention de la critique littéraire, mais dès maintenant, sous l'effet des premières impressions, elles méritent d'être indiquées au moins à grands traits.

En dépit des conceptions ordinaires de notre temps, rien n'a pu empêcher ceux qui avant tout veulent trouver dans la littérature la réalité vivante fidèlement reproduite, de reconnaître dans «Les Fruits de la Terre» l'image d'une vie qui partout où les hommes vivent et bâtissent forme le fondement de l'existence et du développement des sociétés. Il n'y a pas de souvenirs d'un long passé de haute culture qui viennent altérer ces descriptions; l'effet immédiat en est dû à tout ce qu'elles rappellent de l'âpre lutte que tous les hommes actifs doivent soutenir à l'origine, dans des conditions extérieures sans doute différentes, contre une nature indomptable et rebelle. On ne saurait guère imaginer de contraste plus frappant avec les œuvres auxquelles on applique d'ordinaire l'étiquette de «classique».

Et cependant c'est une œuvre qui avec raison peut aussi être appelée classique, mais dans un sens plus profond et plus vrai que dans l'acception ordinaire du mot, si cette épithète doit exprimer quelque chose d'autre et de plus qu'un vague éloge. Le classique, dans la culture que nous avons héritée de l'antiquité, est moins le parfait qui appelle l'imitation, que le significatif qui est pris directement dans la vie et qui est rendu sous une forme d'une valeur durable même pour les temps à venir. L'insignifiant, ce qui en soi est indifférent, ne peut être compris dans cette notion, tout aussi peu que ce qui est rendu sous une forme provisoire et défectueuse. Mais à part cela, tout ce qui a une haute valeur pour la vie humaine, même ce qui appartient à la vie de tous les jours, peut être rangé, quand pour la première fois cela est présenté sous son vrai jour, dans la même catégorie que l'extraordinaire et le brillant avec une signification et une forme d'égale valeur. Dans ce sens, il n'est pas exagéré de prétendre que Hamsun avec «Les Fruits de la Terre» a donné à notre temps une œuvre classique qui peut se mesurer avec ce que nous avons déjà de meilleur. L'antiquité ne détient pas sous ce rapport un monopole inaccessible aux générations postérieures; car la vie est toujours nouvelle et inépuisable et comme telle peut toujours être présentée sous des formes neuves et achevées par de nouveaux génies.

L'œuvre de Hamsun est une épopée du travail à laquelle l'auteur a donné des lignes monumentales. Il ne s'agit pas du travail dispersé qui divise les hommes au dedans d'eux-mêmes et entre eux: il s'agit du travail concentré qui sous sa forme la plus pure façonne l'homme tout entier, qui apaise et rapproche les esprits divisés, qui protège et accroît ses fruits avec une progression régulière et ininterrompue. Le travail du défricheur et du premier cultivateur avec toutes ses difficultés prend ainsi, sous la plume du poète, le caractère d'une lutte héroïque qui ne le cède en rien à la grandeur du sacrifice viril consenti pour des compagnons d'armes et pour la patrie. De même que le poète paysan Hésiode décrivit les travaux des champs, ainsi Hamsun a placé au premier plan de son œuvre le travailleur idéal qui consacre toute sa vie et toutes ses forces à défricher la terre et à triompher des obstacles que lui opposent les hommes et les forces de la nature. Si Hamsun a rejeté derrière lui tous les pesants souvenirs de la culture, il a par son propre ouvrage contribué à faire comprendre exactement la culture nouvelle que notre époque s'attend à voir sortir des progrès du travail physique pour faire suite à l'ancienne culture.

Ce ne sont pas des figures abstraites prétendues typiques que Hamsun

présente sur son théâtre. Ses héros et ses héroïnes sont tous bien vivants, tous dans des conditions d'existence bien modestes, certains d'entre eux et les meilleurs terre à terre dans leurs buts et dans leurs pensées, principalement l'infatigable et silencieux défricheur lui-même, d'autres flottants, troublés et même souvent égarés par des aspirations égoïstes et des folies. Ils portent tous la marque de leur origine norvégienne; ils sont tous conditionnés de quelque manière par «les fruits de la terre». C'est une des particularités de nos langues sœurs que souvent les mêmes mots expriment des nuances de sens très différentes par les images qu'ils évoquent. Quand, nous Suédois, nous parlons des «fruits de la terre», nous pensons d'emblée à quelque chose de plantureux, d'abondant, de succulent, de préférence dans une région agricole cultivée depuis longtemps. Ce n'est pas de ce côté que s'oriente la pensée du livre. «La terre» ici, c'est le rude et rebutant sol en friche; ses fruits ne tombent pas d'une corne d'abondance; ils comprennent tout ce qui peut germer et pousser dans ce sol ingrat, le bon et le mauvais, le beau et le laid, parmi les hommes et les animaux aussi bien que dans la forêt et dans les champs. Telle est l'espèce de fruits dont l'œuvre de Hamsun nous offre la récolte.

Toutefois, nous Suédois, ou au moins beaucoup de Suédois, nous ne nous sentons nullement dépaysés dans les contrées et les circonstances qui nous sont ici décrites. C'est bien l'atmosphère du Nord que nous retrouvons avec tout ce qui en fait partie dans l'ambiance de la nature et la vie sociale, et sous bien des rapports avec des effets analogues des deux côtés de la frontière. L'auteur d'ailleurs présente aussi des types de Suédois qui se sont sentis attirés dans la contrée nouvellement défrichée, la plupart sans doute pour y faire briller le mirage des tentations économiques, de même que les villes des côtes de Norvège apparaissent à l'horizon comme les pièges de la grande vie du monde attirant loin du dur travail de la terre les cœurs sans défense.

De semblables traits bien humains et d'autres encore, loin d'affaiblir, renforcent l'impression produite par le contenu classique du récit. Ils dissipent l'appréhension qu'on pourrait éprouver de voir l'idéal briller aux dépens de la vérité; ils garantissent la sincérité du dessin, la vérité des images et des personnages. Ce qu'ils contiennent d'humanité générale n'échappe à personne. La preuve en est dans l'accueil que cet ouvrage a trouvé chez des peuples de langue, de caractère et de mœurs différents. De plus, par la légère teinte de souriant humor que l'auteur met même sur les choses les plus tristes qu'il a à raconter, il a lui-même fait voir quelle compassion

il éprouve pour la destinée et la nature humaines. Mais dans le récit, il ne se départ jamais de la plus complète sérénité artistique. Le style dépouillé de vains ornements rend avec sûreté et clarté la réalité des choses et l'on y retrouve sous une forme personnelle et puissante toute la richesse de nuances de la langue maternelle de l'écrivain.

Monsieur Knut Hamsun! En affrontant les rigueurs de la saison ainsi que les fatigues d'un long voyage particulièrement pénible à cette époque pour venir recevoir le prix qui vous est décerné, vous avez réservé à l'Acadécie suédoise une grande joie qui est certainement partagée par toutes les personnes présentes à cette cérémonie. Au nom de l'Académie, j'ai essayé le mieux possible, dans le court temps qui m'était accordé, d'exposer au moins quelques-unes des raisons dominantes pour lesquelles nous apprécions si hautement votre œuvre qui vient d'être couronnée. Aussi, en m'adressant maintenant à vous personnellement, je ne veux pas revenir sur ce que j'ai dit. Il ne me reste qu'à vous féliciter au nom de l'Académie et à exprimer l'espoir que les souvenirs que vous garderez de votre visite chez nous seront autant de liens qui vous rattacheront à nous aussi dans l'avenir.

LE BANQUET NOBEL.

Après la fin de la cérémonie à l'Académie de Musique, de nombreux invités prirent part à un banquet solennel dans les salons de fêtes du Grand Hôtel, à 7 heures du soir.

Les places d'honneur étaient occupées par LL. AA. RR. le prince CHARLES et la princesse INGEBORG avec la princesse MÄRTHA. Assistaient aussi au banquet les lauréats de l'année présents à Stockholm, MM. les professeurs GUILLAUME et KROGH ainsi que l'écrivain M. KNUT HAMSUN et comme anciens lauréats, entre autres, M[elle] SELMA LAGERLÖF.

On remarquait en outre Leurs Excellences M. le président du Conseil Baron DE GEER et M. le Ministre des Affaires étrangères Comte H. WRANGEL, le Ministre de France M. DELAVAUD et le Ministre de Belgique M. P. MAY, Son Excellence M. EMANUEL NOBEL, ainsi qu'un grand nombre de dames et d'autres messieurs.

Le président du Conseil d'administration de la Fondation Nobel, M. le professeur H. SCHÜCK proposa d'abord de porter la santé de S. M. le Roi.

Peu après se leva S. A. R. le prince CHARLES qui prononça en l'honneur D'ALFRED NOBEL le toast suivant:

«Au moment de fêter ce soir quelques-uns de ceux qui ont obtenu le prix Nobel de l'année, il y aurait de l'ingratitude à passer sous silence la mémoire du donateur lui-même. C'était un homme dont le regard s'étendait loin par-dessus les frontières nationales. Si nous aussi, maintenant, nous embrassons du regard le monde déchiré, nous ne pouvons manquer de remarquer que de grandes forces sont à l'œuvre pour éveiller la conscience du monde. Si la Fondation Nobel pouvait exercer une influence dans ce sens, elle répondrait assurément aux nobles intentions d'ALFRED NOBEL. C'est dans cet espoir et dans un sentiment d'admiration pour tout ce qui est grand et noble que nous levons nos verres en silence à la mémoire d'ALFRED NOBEL.»

Tous les assistants se levèrent et burent dans un silence respectueux.

Le discours solennel pour les lauréats de l'année fut prononcé par M. le professeur OSCAR MONTELIUS qui s'exprima à peu près en ces termes:[1]

Altesses,
Mesdames, Messieurs,

Depuis une vingtaine d'années, le jour Nobel est un jour solennel pour les savants de Stockholm. Cette année nous avons eu la chance d'avoir deux solennités différentes, les prix de 1919 ayant été distribués au commencement de juin. A cette cérémonie assistaient six lauréats, un représentant l'Angleterre et cinq l'Allemagne. Nous n'oublierons pas de longtemps avec quelle estime le premier parla de la science allemande. Cela fit sur nous tous une forte impression, car en ce moment la Fondation Nobel a précisément pour noble tâche de contribuer, en rapprochant les savants des différents pays, à atténuer les dissentiments entre les nations qui ont été en guerre les unes contre les autres.

Aujourd'hui cinq prix ont été distribués, deux par l'Académie suédoise, deux par l'Institut Carolin et un par l'Académie des Sciences; nous regrettons seulement que tous les lauréats n'aient pas pu venir recevoir eux-mêmes leurs récompenses.

Exellence Momsieur le Ministre des Affaires étrangères! Puisque vous avez reçu le prix de M. SPITTELER pour le lui faire parvenir, je voudrais vous prier de bien vouloir informer M. SPITTELER que nous avons bu à sa santé avec l'espoir qu'il sera bientôt rétabli et disposé à écrire d'autres œuvres aussi grandioses que «Olympischer Frühling».

Monsieur KNUT HAMSUN! Nous savons que vous préférez qu'on parle de vous le moins possible; mais je ne peux m'empêcher de vous assurer que tous ceux, et ils sont nombreux. qui admirent «Les fruits de la terre», se réjouissent maintenamt d'avoir pu faire connaissance avec vous personnellement.

Monsieur le professeur GUILLAUME! Toute science recherche l'exactitude et la précision; mais sous ce rapport vous nous avez tous dépassés. Ce que vos découvertes signifient pour la science de la physique, je laisse aux spécialistes le soin de le dire. Pour nous, nous ne pouvons qu'admirer et vous féliciter.

[1] Par suite de la maladie et de la mort de l'orateur survenues pendant l'autonne 1921, son discours ne peut malheureusement pas être reproduit in extenso. Nous le donnons ici sous la forme très résumée des comptes rendus de journaux.

Monsieur le professeur KROGH! Nous nous réjouissous tout particulièrement avec vous de ce que vous puissiez célébrer des jours de fête comme celui-ci en compagnie, non seulement de Madame KROGH, mais aussi de Madame votre mère. Vos belles découvertes de physiologie sont un honneur, non seulement pour vous personnellement, mais encore pour votre pays et pour toute la science scandinave.

Enfin je me permets de demander à Monsieur le Ministre de Belgique, Monsieur MAY, qui a reçu le prix de M. le professeur BORDÊT actuellement en voyage aux États-Unis, de bier vouloir informer M. BORDET que nous avons bu à sa santé.

Altesses! Mesdames! Messieurs! Je propose que nous portions cordialement la santé de tous les lauréats de l'année!

Cette allocution prononcée avec la force, le charme et la cordialité habituelles de l'orateur fut accueillie par des acclamations et des applaudissements enthousiastes.

Après l'exécution de l'hymne national norvégien par l'orchestre, M. HAMSUN se leva et présenta en ces termes ses remerciements pour le prix qui lui avait été décerné:

Nei hvad skal jeg gjöre overfor en saa hjærtelig Elskværdighet! Den löfter mig iveiret og jeg mister Fotfæstet, Salen farer avsted med mig. Det er ikke godt at være mig nu, jeg er blit tyk av Ære og Rikdom i Stockholm idag, jeg staar der jeg staar, men den Hyldest til mit Land som bruset i »Ja vi elsker» den var en Bölge gjennem mig, den faar mig til at svaie.

Det kommer mig da tilgode at jeg ogsaa för i Livet — i den velsignede Ungdom — kan ha været i de Tilfælder at jeg har svaiet. Hvilken Ungdom har ikke det? Det skulde da være Unge Höire, de som er födt gamle, de som aldrig er med. Det hænder Ungdommen intet værre end at bli indfanget av Ufarlighet og Negativitet. Herregud — det som möter os i Livet kan stundom faa os til at svaie. Hvad saa? Vi staar der vi staar, det kommer os tilgode.

Men jeg skal vogte mig for at tale Bondevisdom til en saa utvalgt Forsamling som denne — især like för den store Videnskap skal ha Ordet. Jeg sætter mig om et Øieblik ned igjen. Men nu er det jo saa at jeg har hat min Oplevelse idag: en stor Velvilje har opspurt mig, har opsporet mig blandt Tusener og skjænket mig en Krans! Jeg har at takke det

Svenske Akademi og Sverige paa mit Lands Vegne for Æren som er vist mig, personlig har jeg at böie mit Hode under Vægten av en höi Utmærkelse. Jeg er stolt av at Akademiet har tiltrodd min Nakke Styrke nok til at bære denne Utmærkelse.

Som det var antydet av en æret Taler för i Kvæld tör jeg kanske tro paa at jeg har skrevet mine Böker paa min lille Vis, det er alt jeg kan forlange. Men jeg har lært av alle, — hvem lærer ikke av alle! Jeg har lært meget av svensk Diktning, ikke mindst av den siste Menneskealders svenske Lyrik. Hvis jeg nu var litt forfaren i Litteratur og kunde regne op Navne saa vilde jeg utvikle dette noget bedre, i Tilknytning til de velvillige Uttalelser om mig. Men det vilde jo bare bli utvortes Flinkhet og Mundprat fra min Side, uten en eneste Brysttone. Jeg har heller ikke Ungdommeligheten til det, jeg orker ikke.

Nei hvad jeg heller vilde i denne Stund, i alt dette Lys og i denne straalende Forsamling, det var at gaa om til hver især av Dem med Blomster og Vers og Gaver, at være ung igjen, at ride paa Bölgen. Det var det jeg vilde for en stor Anlednings Skyld, for en siste Gangs Skyld. Men jeg vaager det ikke mere, jeg kunde ikke redde Billedet fra Karikaturen. Jeg er blit tyk av Ære og Rikdom i Stockholm idag — javel, men jeg mangler det vigtigste, det eneste, jeg mangler Ungdommen. Det er ingen av os saa gammel at vi ikke mindes den. Det sömmer sig at vi ældede træder tilbake, men vi gjör det med Honnör.

Uanset hvad jeg burde nu — det vet jeg ikke —, uanset hvad som passer bedst — det vet jeg ikke —, jeg tömmer mit Glas for Sveriges Ungdom, for al Ungdom, for alt ungt i Livet!

(Traduction):

Que faire en présence d'une si cordiale gracieuseté? Je me sens soulevé et je perds pied; la salle tourne autour de moi. Il ne fait pas bon être moi en ce moment-ci. Je suis gorgé d'honneurs et de richesses à Stockholm aujourd'hui et je suis ce que je suis. Mais l'hommage à mon pays qui vient de résonner dans le chant: «Oui nous l'aimons, ce pays» m'a submergé comme un flot et me tourne la tête.

J'ai cela de bien que, déjà dans le passé, dans ma bienheureuse jeunesse, il y a eu des occasions où la tête m'a tourné. Et à quelle jeunesse cela n'est-il point arrivé? Ce serait alors à la Jeune Droite, à ceux qui sont nés vieux, qui ne sont jamais dans le mouvement. Ce qui peut arri-

ver de pire à la jeunesse, c'est de s'enliser dans la prudence et la négation. Mon Dieu, ce qui nous attend dans la vie peut parfois nous tourner la tête. Eh bien! nous sommes ce que nous sommes, et c'est pour notre bien.

Mais je me garderai bien de parler de sagesse de paysan devant une assemblée aussi choisie que celle qui m'entoure ici — surtout que la haute Science doit prendre la parole après moi. Je vais bientôt me rasseoir. Mais j'ai eu aujourd'hui l'évènement de ma vie: une haute bienveillance m'a découvert, m'a déterré parmi des milliers et m'a décerné une couronne. J'ai à remercier, au nom de mon pays, l'Académie suédoise pour l'honneur qu'elle m'a fait; personnellement je penche la tête sous le poids d'une haute distinction; mais je suis fier de ce que l'Académie ait jugé mes épaules assez solides pour porter cette distinction.

Comme l'a fait entendre ce soir un honorable orateur, je serais peut-être fondé à croire que j'ai écrit mes livres à ma petite manière. C'est tout ce que je puisse demander. Mais j'ai appris quelque chose de tous — et qui est-ce qui n'apprend pas un peu de tous? J'ai beaucoup appris de la poésie suédoise, et notamment de la poésie lyrique de la dernière génération. Si j'étais un peu versé dans la littérature et que je puisse citer des noms, je développerais ceci en le rattachant aux jugements bienveillants portés sur moi. Mais ce ne serait de ma part que de l'habileté superficielle, des effets de voix sans une seule note de poitrine. Je n'ai d'ailleurs plus assez de jeunesse pour le faire; je n'en ai pas la force.

Non, ce que j'aimerais à faire en ce moment, dans toute cette lumière, dans cette brillante assemblée, ce serait d'aller porter à chacun de vous en particulier des fleurs, des vers, des présents, redevenir jeune, chevaucher sur les flots. Voilà ce que je voudrais faire pour une grande occasion, pour une dernière fois. Mais je n'ose plus; je ne pourrais échapper au ridicule. Certes, je suis gorgé d'honneurs et de richesses à Stockholm aujourd'hui; mais il me manque l'essentiel, l'unique, il me manque *la jeunesse*. Aucun de nous n'est assez vieux pour ne pas s'en souvenir. Il convient que nous, qui avons vieilli, nous cédions la place, et que nous le fassions avec honneur.

Sans considérer ce que je devrais faire maintenant — et cela, je ne le peux pas — sans considérer ce qui conviendrait le mieux — et cela, je ne le peux pas — je lève mon verre et je bois à la jeunesse suédoise, à toutes les jeunesses, à tout ce qui est jeune dans la vie.

Cette allocution fut également accueillie par de vifs applaudissements.

Un peu plus tard, après que l'orchestre eut joué l'hymne national danois, M. le professeur AUGUST KROGH présenta ses remerciements de la manière suivante:

Naar jeg rejser mig i denne sal for at bringe min varmt fölte tak for den overordentlige udmærkelse, som er blevet mit videnskabelige arbejde til del gennem tilkendelsen af Nobelprisen, saa er det med en fölelse af ansvar, fordi det paahviler mig at takke Nobelstyrelsen og Karolinska Institutets Lærerkollegium ikke alene og neppe engang först paa egne vegne men paa den Danske videnskabelige skoles vegne som jeg tilhörer og i den Danske biologiske forsknings navn.

Jeg ved at en væsentlig del af den hyldest som nu ydes mig tilkommer min fremragende lærer Christian Bohr, og jeg forstaar at De gennem mig og mit arbejde har villet hædre den indsats i biologisk forskning, som er ydet og ydes fra mit fædrelands side. Ingen hyldest og ingen hæder kunde være os Danske mere kærkommen end den som ydes os af de fremragende repræsentanter for vort Svenske broderfolk.

Vi föler med hvor mange blodets og det aandelige slægtskabs baand vi er knyttede sammen med stammefrænderne i Norden. Vi ved hvor mange impulser til frugtbart arbejde der er gaaet fra Dem til os. Vi glæder os, naar vi kan göre gengæld, og vi holder fast ved troen paa alt der paa videnskabens omraade er en frugtbar mark for samarbejde mellem Nordens folk. For et saadant samarbejde og for den Svenske naturvidenskabs trivsel og fremgang löfter jeg mit glas.

(Traduction):

En me levant ici pour exprimer ma vive gratitude au sujet de l'extraordinaire marque d'honneur conférée à mes travaux scientifiques par l'attribution du prix Nobel, je me sens pénétré d'un sentiment de responsabilité, car j'ai à remercier le Comité Nobel et le Collège des professeurs de l'Institut Carolin non seulement en mon propre nom, mais encore et surtout au nom de l'école scientifique danoise à laquelle j'appartiens et en particulier au nom de la science danoise qui se consacre aux études biologiques.

Je sais qu'une grande part de l'honneur qui m'est fait revient à mon éminent maître Christian Bohr, et je comprends qu'en me couronnant, moi et mes travaux, vous avez voulu reconnaître la contribution apportée par

mon pays à la science de la biologie. Nul hommage et nulle gloire ne sauraient nous être plus agréables, à nous Danois, que ceux qui nous viennent des éminents représentants de nos frères suédois.

Nous sentons combien de liens du sang et de proche parenté intellectuelle nous rattachent à nos frères scandinaves. Nous savons combien d'impulsions nous avons reçues de vous pour un travail fécond. Nous nous réjouissons quand nous réussissons à payer de retour et nous sommes convaincus que dans le domaine scientifique il y a un champ fécond pour la collaboration des nations du Nord. C'est pour cette collaboration et pour le brillant avenir des sciences suédoises que je lève mon verre.

Le discours du savant danois fut accueilli par de cordiales manifestations de sympathie.

Finalement M. le professeur GUILLAUME demanda la parole et prononça le brillant discours suivant:

Altesses, Mesdames, Messieurs,

Lorsque s'approchent les cérémonies consacrées à la proclamation des Prix Nobel, c'est, disait il y a un instant l'illustre Professeur Montelius, une joie pour l'Académie, pour la science suédoise, pour la Suède tout entière, de penser que l'on fêtera les heureux lauréats; joie, dirai-je, des belles âmes, à qui rien n'est plus doux que de créer le bonheur. Mais, à ce sentiment, un autre répond: c'est la joie qui se répand avec la vitesse de l'éclair dans chaque pays qui compte, parmi ses enfants, un lauréat du Prix Nobel. Pour moi, le bonheur fut doublement précieux, car deux pays se sont réjouis, en mon nom, dans une fraternelle communauté de sentiment: la Suisse, dont je suis un citoyen et à laquelle me rattachent tous mes souvenirs d'enfance et de jeunesse, la France, où s'est accomplie presque toute ma carrière d'homme de science, et où de précieuses amitiés m'ont montré le chemin.

Les fêtes Nobel marquent le point culminant de la vie d'un homme voué à la recherche scientifique; elles y laissent d'impérissables traces. Mais elles ont, parmi d'autres grands privilèges, celui de lui permettre de connaître votre beau pays, et aussi de vous connaître.

Bien avant d'arriver à Stockholm, nous avons éprouvé, ma femme et moi, les effets de la proverbiale bonté suédoise, en la personne de M. Emanuel Nobel, qui a donné tant de charme et d'agrément aux dernières heures de notre voyage, dont il aplanit toutes les difficultés en s'instituant notre guide affectueux.

Et que de jolies impressions déjà recueillies! Lorsque, au petit jour, nous approchions de Stockholm, et que nous traversions la campagne suédoise, si étrangement semblable aux pâturages du Jura, nous voyions défiler, le long des voies, ces maisons coquettement simples, de riantes couleurs, et d'un aspect si avenant, qu'il nous semblait les entendre nous dire: «Entrez, vous serez les bienvenus.» Et cette impression s'est poursuivie et s'est précisée au contact du chaleureux accueil dont nous avons été l'objet, et de toutes les marques de sympathie qui sont venues à nous, dans ces deux journées, dont chaque heure est marquée d'un caillou blanc.

Nous redoutions un peu les crépuscules qui succèdent de près à l'aurore, la longue nuit des pays septentrionaux. Pourtant, dans l'air limpide, les lumières apparaissent au loin. C'est la nuit, assurément, mais la nuit claire. Et tout semble clair ici. Dans les rues, notre regard rencontre des yeux limpides, révélant des âmes limpides.

Apprendre à connaître le peuple suédois, entrer en relations directes avec les conducteurs de sa pensée, avec les hommes qui entretiennent lumineux le phare de la science suédoise, dignes continuateurs d'un illustre passé, c'est une fête pour le cœur, une fête pour l'esprit.

Mathématiques, astronomie, physique, chimie, sciences naturelles, exploration, en tous ces domaines, que l'humanité fouille depuis longtemps, de grands noms s'imposent: Linné, Scheele, Berzelius, Ångström, Nordenskjöld, pour ne nommer que des disparus. Et, dans une science toute jeune, la physicochimie, puisqu'il faut nommer un vivant, le nom de Svante Arrhenius vient à la pensée de tous.

Mais c'est d'une science bien spéciale que je voudrais surtout vous parler. En ma personne, vous avez voulu honorer la métrologie, au progrès de laquelle j'ai voué mon labeur, dans l'établissement mondial qui lui est consacré, et vous l'avez mise en vive lumière.

Cette science a été, dans votre pays, cultivée par des maîtres illustres.

Berzelius, avec la collaboration de Svanberg et d'Åkerman, a voué une recherche à l'un des plus difficiles de ses problèmes, celui de la relation des masses aux volumes, problème si délicat, qu'il était, jusqu'à ces tout derniers temps, à l'ordre du jour des recherches pendantes, et que, pour marquer un temps d'arrêt, un groupe d'expérimentateurs a dû lui consacrer, pendant des années, toutes les ressources que la métrologie moderne mettait à notre portée.

Anders-Jonas Ångström voulut déterminer la longueur des ondes lumineuses. Sa part de travail reste excellente; mais il vécut dans de

cruelles angoisses à la pensée que le mètre dont il s'était servi était incertain, et qu'il n'avait aucun moyen d'en connaître la valeur exacte. Lorsque le Bureau international des Poids et Mesures eut été complètement organisé, ce mètre lui fut envoyé, et sa nouvelle valeur permit de rectifier les nombres provisoires du grand physicien d'Upsal.

Puis Robert Thalén s'engagea dans la voie ouverte par son prédécesseur. Les valeurs des réseaux qui furent, pendant bien des années, les compagnons de son travail, étant bien connues, les longueurs d'onde qu'il détermina furent d'avance en parfaite concordance avec celles qu'une physique plus évoluée permit de fixer dans la suite.

Et, poursuivant cette belle tradition, M. K.-B. Hassselberg, que nous avons tant de regret de ne pas voir assister à cette fête, a puissamment contribué à constituer cet ensemble de données sur lesquelles ont été échafaudées les théories spectrales, auxquelles reste tout particulièrement attaché le nom de I.-R. Rydberg.

Lorsque le problème s'imposa de l'étude précise des mètres prototypes destinés à porter, dans la terre entière, les témoins de l'unité de longueur, ce fut, pour la mesure des dilatations, à l'appareil du baron Wrede que l'on eut d'abord recours. Il constituait, à cette époque, l'étape d'où il fallait partir vers de nouveaux progrès. Le comparateur à dilatation qui m'a constamment servi dans les travaux auxquels vous avez attribué la suprême sanction, était un perfectionnement de celui dont il avait conçu les plans. Et les résultats auxquels j'ai été conduit ont trouvé encore la plus importante de leurs applications scientifiques dans une collaboration avec l'un des vôtres.

La géodésie n'est autre chose, en effet, sous sa forme pratique, que la métrologie appliquée à la détermination des dimensions de la Terre.

M. Edw. Jäderin avait conçu une nouvelle méthode de mesure des bases. Lorsque parut l'invar, il comprit immédiatement qu'en associant le singulier alliage aux instruments qu'il avait créés, la précision des résultats en serait grandement accrue. Et c'est au cours de la célèbre expédition suédo-russe du Spitzberg qui, dans ce coin perdu de Treurenberg Bay, une base fut mesurée pour la première fois au fil d'invar. Ce fut, pour la géodésie, le début d'une évolution qui se poursuit sans relâche. Cette collaboration m'apparaît aujourd'hui comme un symbole.

La métrologie croît sans cesse. De la science, elle pénètre dans l'industrie, dont elle féconde les méthodes. Depuis un quart de siècle, surtout, on voit s'étendre les fabrications par pièces interchangeables,

appuyées sur des étalons d'un maniement facile, et réalisées avec une incroyable précision. Certaines idées étaient classiques. M. E.-C. Johansson les a renversées, en réalisant ses merveilleuses cales d'épaisseur à faces planes, d'une si grande perfection, que les procédés de leur établissement restent un mystère jalousement gardé.

Mais pourquoi cette étape de la métrologie industrielle a-t-elle vu le jour précisément en Suède? C'est que les turbines de Laval, les canons Nordenfeldt, les moteurs Diesel, ne sont susceptibles d'un fonctionnement sûr, que si leur construction est réalisée avec une grande précision. Et le choix qui en a été fait par vos industries métallurgiques dénote ce désir de la perfection, qui est l'un des aspects d'une constante recherche de la beauté.

C'est à ce désir de perfection en toutes choses que je lève mon verre, à la perfection elle-même dont la Suède nous donne tant d'exemples, et qui, ce soir, culmine dans les deux régions de l'esprit et du cœur: je bois à la Science suédoise si belle, à l'Amitié suédoise si bonne.

Cette magnifique allocution souleva des applaudissements enthousiastes.

Entre les discours, l'orchestre exécuta encore un certain nombre de morceaux de musique.

Pendant la soirée très animée qui suivit le banquet, le chœur des étudiants de Stockholm, sous la direction de M. E. RALF, chanta «Salutation» de EDVARD GRIEG et d'autres morceaux.

DISTRIBUTION DES PRIX NOBEL DE LA PAIX

POUR 1919 ET 1920.

En 1920 les membres du Comité Nobel du Parlement norvégien étaient les suivants: LØVLAND, président du Comité; HORST, vice-président du Comité; HAGERUP, ministre de Norvège à Stockholm; BERNHARD HANSSEN, député; H. KOHT, professeur d'histoire à l'université de Christiania. Dans la dernière session du Comité en 1920, M. Hagerup, absent, était remplacé par le 1er suppléant, M. KONOW, anc. président du Conseil des ministres norvégien.

Le *prix Nobel de la paix* pour 1919, réservé conformément à l'art. 5 des statuts pour l'année suivante, fut attribué à M. WOODROW WILSON président des États-Unis d'Amérique.

Le prix pour 1920 fut décerné à M. LÉON BOURGEOIS, président du sénat de France, et président actuel du Conseil de la Société·des Nations.

Les décisions du Comité furent publiées dans la séance solennelle du parlement norvégien du 10 décembre 1920 à 1 heure et demie, sous la présidence de M. BUEN.

Les membres du Comité MM. Løvland, Horst, Hanssen, Koht et le secrétaire du Comité, M. Moe, étaient présents. Nous donnons le compte rendu officiel de la séance:

M. BUEN, président du parlement: «En conformité avec la décision antérieure du parlement, le Comité Nobel est venu proclamer au parlement les lauréats du prix Nobel de la paix. Je donne la parole à M. LØVLAND, président du Comité Nobel».

M. LØVLAND: «Le Comité Nobel du parlement norvégien a l'honneur de faire savoir que le Comité a décidé d'attribuer le *prix Nobel de la paix* pour 1919 au Président des États-Unis d'Amérique, M. WOODROW WILSON; et, ensuite, que le *prix de la paix* pour 1920 a été décerné à

M. Léon Bourgeois, président du sénat de France, et président du Conseil de la Société des Nations. J'ai l'honneur de transmettre une copie du procès-verbal à M. le président».

Le président du Comité Nobel transmit ensuite la copie du procès-verbal du Comité au président du parlement.

Le président Buen: «Avant de lire cette communication, je propose que le parlement consente à ce que le ministre des États-Unis et le ministre de France soient admis au parlement pour recevoir les prix. Personne ne présentant d'objection contre cette proposition, je la considère comme adoptée à l'unanimité».

M. Schmedeman, ministre des États-Unis d'Amérique, et M. Pralon, ministre de France, furent ensuite introduits dans la salle.

Le Président du Storting: «La lettre du Comité Nobel au Storting est ainsi conçue:

«Au Parlement:

Le Comité Nobel du parlement norvégien a l'honneur de faire savoir par la présente que le Comité a décidé d'attribuer le *prix Nobel de la paix* pour 1919 au Président des États-Unis d'Amérique, M. Woodrow Wilson, et que le *prix de la paix* pour 1920 a été décerné à M. Léon Bourgeois, président du sénat de France et président du Conseil de la Société des Nations.»

Messieurs les Ministres, Messieurs les Députés!

Lorsque le Storting, aujourd'hui pour la première fois depuis la fin de la guerre mondiale, trouve opportun de distribuer le prix Nobel de la paix, c'est avec la confiance que la grande idée de la Paix, fondée profondément sur les espérances vitales des peuples, gagnera de plus en plus de terrain dans le cœur des hommes, grâce aux tribulations subies dernièrement par l'humanité.

Le fait que le nom du président Wilson est venu, à cette occasion, au premier rang, est, j'en suis convaincu, la preuve, que le prix de la paix est accompagné des remerciements du peuple norvégien de ce que le président des États-Unis, par ses célèbres 14 points, a posé le projet d'une Constitution humanitaire au premier plan de la politique internationale actuelle. L'idée de justice qui en forme la base ne mourra jamais; elle gagnera continuellement en force, et le nom du président Wilson y restera associé dans le respect des générations futures.

Et l'autre prix de la paix, décerné à M. Léon Bourgeois, sera accompagné de l'hommage de la Norvège, adressé à l'esprit pacifique du

peuple français, dont M. BOURGEOIS a été, pendant plusieurs années, le représentant éminent. »

Le président du Storting transmit ensuite aux ministres les diplômes et les médailles Nobel.

Le ministre des États-Unis, M. SCHMEDEMAN, prit ensuite la parole:

Mr. President: I have the honor to inform you that I am the bearer of a telegram from WOODROW WILSON, President of the United States, in which he requests me to express his thanks and appreciation for the honor which has been conferred upon him by the Nobel Peace Committee of the Storting in awarding him the prize for the year 1919. Therefore, I have the honor, Mr. President, to request that permission will be granted me to read the message and make a few remarks to the honorable body.

I have been instructed by President WILSON to convey the following message of appreciation to President LØVLAND and the members of the Nobel Peace Committee of the Storting:

»In accepting the honor of your award I am moved not only by a profound gratitude for the recognition of my earnest efforts in the cause of peace, but also by a very poignant humility before the vastness of the work still called for by this cause.

May I not take this occasion to express my respect for the farsighted wisdom of the founder in arranging for a continuing system of awards? If there were but one such prize, or if this were to be the last, I could not of course accept it. For mankind has not yet been rid of the unspeakable horror of war. I am convinced that our generation has, despite its wounds, made notable progress. But it is the better part of wisdom to consider our work as one begun. It will be a continuing labour. In the indefinite course of years before us there will be abundant opportunities for others to distinguish themselves in the crusade against hate and fear and war.

There is indeed a peculiar fitness in the grouping of these Nobel rewards. The cause of peace and the cause of truth are of one family. Even as those who love science and devote their lives to physics or chemistry, even as those who would create new and higher ideals for mankind in literature, even so with those who love peace, there is no limit set. Whatever has been accomplished in the past is petty compared to the glory and promise of the future.

WOODROW WILSON.»

I regret that I am unable to address this honorable body in the Norwegian language; even if I were, there are no words which can fully ex-

press my appreciation for the high honor conferred upon my country by the award of the Nobel Peace Prize for the year of 1919 by the Nobel Committee of the Storting to one of America's greatest statesmen, WOODROW WILSON, President of the United States of America. This honor which has been bestowed on President Wilson is one of significance and of utmost satisfaction to me, — an occasion which will always remain in my memory. To have the privilege of accepting, on behalf of the President of the United States, this evidence of appreciation of his efforts to replace discord with harmony by appealing to the highest forces of each nation, is an event to be cherished.

It is unnecessary for me to dwell upon any of those achievements of President WILSON which justify the bestowal of this honor upon him; his comprehensive understanding of international affairs and his discerning and convincing methods of procedure in matters affecting the welfare and success of entire peoples, which, due to his earnest and forceful endeavors, resulted in the formation of the League of Nations, are well known to us all. He, perhaps as much as any public man, is concious of the fact that the time is past when each nation can live only unto itself, and his labors have been inspired with the idea and hope of making peace universal a living reality. It is impossible to make a proper estimate of WOODROW WILSON and his great work for international peace until time has revealed much that must, for the present, be a sealed book.

Let me assure you, members of the Norwegian Storting, that words fail to convey the deep emotion which stirs whithin me at this time, when it falls whithin my province to receive this testimonial on behalf of the President of the United States of America. No more fitting word of appreciation could be voiced than that contained in the President's message, in which he acknowledges the great honor that has been conferred upon him by the Nobel Peace Committee of the Storting.

Le ministre de France, M. PRALON, parla ensuite en ces termes:

«Au moment de prêter à mon tour une voix à cette auguste assemblée, pénétré de l'insigne honneur qu'il vous a plu de me faire en m'autorisant à prendre la parole dans ce parlement qui — il m'est agréable de le rappeler — n'avait pas attendu la confiance du Dr. Nobel pour donner au monde entier le témoignage manifeste de l'intérêt efficace qu'il porte à la meilleure organisation de la grande famille humaine, vous me permettrez, avant toute chose, de m'excuser de mon inaptitude, encore trop manifeste, à m'adresser à vous dans votre langue nationale. J'eusse voulu pourtant vous témoigner

par là un peu de la reconnaissance que j'éprouve à l'égard de la Norvège, de son Gouvernement et de sa population toute entière, pour une hospitalité dont, depuis six mois aujourd'hui, je goûte chaque jour davantage les inappréciables bienfaits.

Vous me pardonnerez également si mon interprétation à coup sûr trop scrupuleusement étroite de la consigne de silence que m'avait indiquée, il y a quelques jours, votre aimable secrétaire général, vous prive d'entendre dès aujourd'hui les premiers remerciements dont M. LÉON BOURGEOIS s'est, contre son plus vif désir, abstenu de vous adresser directement l'expression, attendant pour le faire d'être définitivement et publiquement proclamé l'élu de votre Comité en ce Conseil d'une particulière solennité. A défaut, pour l'instant, du verbe magistral avec lequel mon très éminent et vénéré compatriote aurait su vous convaincre de sa gratitude pour la distinction dont il est présentement l'objet, j'ose croire que les paroles de reconnaissance dont je veux me faire l'exact interprète ne vous seront pas importunes et qu'à tout le moins, ce qui vient du cœur vous sera le bienvenu.

Car c'est du plus profond de mon cœur, je vous prie de le croire, qu'en mon nom personnel, comme au nom de celui dont je suis ici le mandataire, je viens vous rendre grâce de ce que le Comité, spécialement élu par vos soins, a, dans sa consciencieuse équité, décidé de graver sur ses tables prestigieuses que le Français LÉON BOURGEOIS avait bien mérité de la cause humaine.

Loin de moi, certes, la pensée de vouloir essayer d'indiquer ici les titres éclatants du lauréat qui sut convaincre votre raison et fixer votre choix. Une telle appréciation de ma part serait un manquement à la déférence que je professe pour votre jugement, — devant lequel on doit s'incliner sans appel, — comme au respect que je nourris pour la très haute personnalité de notre République dont j'admire profondément l'exemple qu'elle sut donner à nos générations, mais dont je ne me reconnais pas le droit de juger les mérites, même pour les vanter davantage à vos yeux. Tout au moins, me sera-t-il permis de dire que, dès longtemps, celui dont je viens recevoir ici la récompense que vous lui destinez, était bien préparé à l'honneur qui lui échoit aujourd'hui. Ce n'est pas seulement au cours de l'année écoulée — pour reprendre les termes mêmes du testament du docteur NOBEL — que M. le président BOURGEOIS s'est bien employé à l'œuvre de la Paix. Soit qu'il fût l'administrateur dont l'habileté et la bienveillance sont demeurées légendaires, soit qu'il s'imposât à tous dans les nombreux Départements dont il assuma la direction, et avec quelle maîtrise, au cours

de sa vie de Ministre ou de Chef de Gouvernement, soit comme président de l'une ou de l'autre de nos grandes assemblées parlementaires, soit enfin en sa qualité de délégué de la France à de nombreuses assises internationales, — et parmi tant d'autres, je citerai: hier, celles de la Haye; aujourd'hui, celles qui se tiennent en ce moment même à Genève, — c'est pendant sa vie tout entière que votre lauréat de ce soir s'employa, du meilleur de son cœur et de son intelligente bonté, à l'apaisement de toutes les douleurs humaines, à la solution la plus équitable de tous les conflits entre les hommes ou les nations. N'est-ce pas là travailler le mieux du monde à cette œuvre de fraternité des peuples dont nous souhaitons l'ère prochaine et pour l'avènement de laquelle le docteur ALFRED NOBEL nous engagea à tendre davantage et toujours plus judicieusement nos plus généreux efforts?

Certes, fidèle observateur de la lettre comme de l'esprit du testament dont l'exécution est confiée à sa vigilance éclairée, votre comité n'a tenu, en prenant sa décision, aucun compte de la nationalité de celui qu'elle allait élire. Ce n'est pas à dire pour cela qu'une fois votre choix librement décidé, votre lauréat n'ait pas le droit, en un moment aussi solennel, de songer à sa patrie bien-aimée. Et sera-ce faire preuve d'indiscrétion à votre endroit, si, à l'heure même où vous signalez un de ses fils plus particulièrement glorieux et chéri à l'attention du Monde, une mère tendrement attentive, la République Française, songe à prendre pour elle-même, ses enfants, ses amis, quelque orgueil d'un hommage aussi dignement et librement rendu?

Et de cela encore, vous m'autoriserez en terminant à vous dire mon bien grand merci. Oui, vous vous êtes souvent plu, au cours de votre histoire, à répéter en notre faveur des gestes d'amitié, qui resteront toujours présents à notre mémoire; leur fréquence n'a pas atténué, bien au contraire, la force de la reconnaissance que nous vous gardons. Demain encore, vous aurez apporté de la joie à l'un des nôtres que nous revendiquons davantage, et de la fierté au cœur de tous les Français qui, soyez en certains, apprécieront à toute sa grande valeur le choix que vous venez de faire d'une personnalité aussi représentative de leurs aspirations de fraternité meilleure et de justice plus complète. Et le fait que votre élu d'aujourd'hui est celui-là même à qui, depuis plus de 25 annnées, nous confirmons notre confiance en le maintenant constamment au premier rang des dirigeants de notre Démocratie, sera en même temps qu'un doux réconfort pour les faibles qui souffrent encore, une puissante raison pour les forts

de mieux agir dans la voie de la liberté, de la fraternité, du progrès et de la bonté, mots qui ne sont pas seulement inscrits au fronton de nos monuments ou cités au cours des pages de nos manuels civiques, mais qui sont aussi gravés dans nos âmes et constamment présents à nos esprits.»

Le président du Storting lut ensuite une traduction du télégramme de M. WILSON au Comité Nobel.

Le président du Storting: «Au nom du parlement je présente mes remerciements à Messieurs les Ministres pour leurs paroles et pour leur présence ici au sein du Storting.

A la fin je remercie le Comité Nobel pour l'exécution de sa tâche.»

Les membres du Comité Nobel ainsi que le ministre des États-Unis et le ministre de France quittèrent ensuite la salle.

La séance fut levée à 1 h. 55 min.»

LES LAURÉATS

qui obtiennent *le prix Nobel de la paix*, reçoivent un diplôme avec texte en norvégien exécuté, d'après un dessin de l'artiste norvégien M. GERHARD MUNTHE, dans les ateliers de lithographie PETERSEN & WAITZ. Ce diplôme est remis aux lauréats dans une enveloppe due au relieur M. REFSUM.

Voici la traduction du texte du diplôme:

LE COMITÉ DU PARLEMENT NORVÉGIEN

a décidé, conformément aux prescriptions du testament dressé par ALFRED NOBEL en date du 27 Novembre 1895, de décerner à

(*nom du lauréat*)

le prix Nobel de la paix pour 19...

Christiania (*et la date*)

(*Signatures.*)

Les lauréats du prix de la paix reçoivent aussi:

LA MÉDAILLE DU PRIX DE LA PAIX

composée et modelée par le sculpteur norvégien M. GUSTAF VIGELAND. Cette médaille porte, à l'avers, l'effigie d'ALFRED NOBEL et, au revers, un groupe de trois hommes formant une chaîne fraternelle ainsi que la devise: *Pro pace et fraternitate gentium.* Sur le bord de la médaille sont gravés les mots: *Parlamentum Norvegiæ* et le nom du lauréat.

LES LAURÉATS

Max Planck.

Ich bin geboren am 23. April 1858 in Kiel als Sohn des dortigen Pro fessors der Jurisprudenz *Wilhelm Planck* und seiner Frau Emma geb. *Patzig*. Obwohl ich schon nach Vollendung des 9. Lebensjahres mit meiner Familie nach München übersiedelte, betrachte ich doch Kiel als meine eigentliche Heimat und fühle mich auch heute noch als Schleswig-Holsteiner. In München verlebte ich in Gemeinschaft mit meinen Eltern und Geschwistern eine überaus glückliche Jugend, absolvierte im Jahre 1874 das humanistische Gymnasium und widmete mich dann dem Studium der Mathematik und Physik, zuerst 3 Jahre in München bei den Professoren *Jolly*, *Seidel*, *Bauer*, *Beetz*, dann ein Jahr in Berlin, bei *Helmholtz*, *Kirchhoff* und *Weierstrass*. Fast mehr noch als durch die Vorlesungen, soviel ich auch durch sie gelernt habe, wurde ich angeregt durch das Studium der Abhandlungen von *R. Clausius*, die mich für die grossen Prinzipien der Wärmetheorie, besonders für den zweiten Hauptsatz, begeisterten und für meine ganze künftige Arbeitsrichtung entscheidend wurden.

Nach München zurückgekehrt machte ich die Prüfung für das höhere Lehramt, promovierte im Jahre 1879 mit einer Dissertation über den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie und habilitierte mich ein Jahr darauf an der dortigen Universität für Physik.

Meine fast 5-jährige Tätigkeit als Privatdozent gab mir die Anregung, eine Reihe von Vorlesungen über das ganze Gebiet der theoretischen Physik auszuarbeiten, während ich gleichzeitig eine von der Göttinger philosophischen Fakultät ausgeschriebene Preisaufgabe über das Prinzip der Erhaltung der Energie in Angriff nahm, deren Bearbeitung später mit dem Preise gekrönt wurde. Mein Hauptinteresse aber verblieb dem Studium des Prinzips der Vermehrung der Entropie und seiner Anwendungen auf verschiedene physikalische und chemische Vorgänge.

Im Frühjahr 1885 erfolgte meine Berufung als Extraordinarius an die Universität meiner Vaterstadt Kiel, wo ich durch Verheiratung mit meiner Jugendfreundin Marie geb. *Merck* einen eigenen Hausstand gründete. Da



M. Planck

Max Planck

[illegible] 23. April 1858 in Kiel als Sohn des dortigen Pro-
[illegible] *Planck* und seiner Frau Emma geb. *Pat*[illegible]
[illegible] Vollendung des 9. Lebensjahres mit meiner Familie
[illegible] übersiedelte, betrachte ich doch Kiel als meine eigentliche
[illegible] mich auch heute noch als Schleswig-Holsteiner. In
[illegible] Gemeinschaft mit meinen Eltern und Geschwistern
[illegible] im Jahre 1874 das humanistische
[illegible] Studium der Mathematik und
[illegible] Professoren *Jolly*, *Seidel*, *Bauer*,
[illegible] *Helmholtz*, *Kirchhoff* und *Weierstrass*
[illegible] soviel ich auch durch sie gelernt
[illegible] Studium der Abhandlungen von [illegible]
[illegible] Prinzipien der Wärmetheorie, besonders
[illegible] und für meine ganze künftige
[illegible]

[illegible] legte ich die Prüfung für das höhere
[illegible] mit einer Dissertation über den zweiten
[illegible] habilitierte mich ein Jahr darauf an der
[illegible]

[illegible] als Privatdozent gab mir die Anregung
[illegible] über das ganze Gebiet der theoretischen Physik
[illegible] gleichzeitig eine von der Göttinger philoso-
[illegible] ausgeschriebene Preisaufgabe über das Prinzip der Er-
[illegible] nahm, deren Bearbeitung später mit den
[illegible] Hauptinteresse aber verblieb dem Studium
[illegible] der Entropie und seiner Anwendungen auf
[illegible] chemische Vorgänge.

[illegible] 1885 erfolgte meine Berufung als Extraordinarius an die
[illegible] meiner Vaterstadt Kiel, wo ich durch Verheiratung mit meiner
[illegible] Marie geb. *Merck* einen eigenen Hausstand gründete. Da



A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

M. Planck.

meine fortgesetzten Arbeiten mich zu denselben Anschauungen führten, die *Svante Arrhenius* in seiner elektrolytischen Dissoziationstheorie entwickelt hatte, so begann ich nun auch die Erscheinungen der Elektrizitätserregung in Elektrolyten näher zu studieren und kam dadurch in mehrfache Beziehungen zu den gleichzeitigen bahnbrechenden Arbeiten von *W. Nernst.*

Nach dem Tode *G. Kirchhoffs* berief mich die preussische Unterrichtsverwaltung an das neugegründete Institut für theoretische Physik in Berlin, zunächst, im Jahre 1889, als Extraordinarius, dann, nach 3 weiteren Jahren, als Ordinarius. Von der preussischen Akademie der Wissenschaften wurde ich im Jahre 1894 zum ordentlichen Mitglied, im Jahre 1912 zum ständigen Sekretar erwählt.

Die Wahl in die Akademie, sowie der Verkehr in der damaligen Berliner Physikalischen Gesellschaft gab mir den äusseren Anlass zur Beschäftigung mit den Gesetzen der Wärmestrahlung und zur Ausarbeitung der Theorie, deren Inhalt ich in meinem Nobel-Vortrag geschildert habe.

Die letzten Jahre haben mir durch Krankheit und Krieg in meiner engeren Familie viel Leid gebracht. Doch fand ich nach dem im Jahre 1909 erfolgten Tode meiner Frau in deren Nichte Marga geb. *v. Hösslin* eine zweite Lebensgefährtin und bin dem Schicksal dankbar, dass mir nach dem Verlust dreier geliebter, in der Blüte ihrer Jahre stehender Kinder noch zwei Söhne geblieben sind, denen mein Leben und meine Arbeit zu Gute kommt.

Johannes Stark

ist am 15. April 1874 zu Schickenhof in Bayern als Sohn des Gutsbesitzers Georg Stark geboren. Er besuchte das humanistische Gymnasium in Bayreuth, später in Regensburg. An der Universität München studierte er von 1894 bis 1898 Physik, Mathematik, Chemie und Kristallographie und war darnach Assistent am physikalischen Institut der Universität München. Im Jahre 1900 habilitierte er sich als Privatdozent für Physik an der Universität Göttingen. Im Jahre 1906 wurde er ausserordentlicher Professor an der technischen Hochschule Hannover, im Jahre 1909 ordentlicher Professor an der technischen Hochschule Aachen; im Jahre 1917 siedelte er in gleicher Eigenschaft an die Universität Greifswald über.

Starks wissenschaftliche Arbeiten erstrecken sich auf drei grosse Gebiete: die elektrische Strömung in Gasen, die Spektralanalyse und die chemische Valenz. So hat er eingehende Untersuchungen über den Lichtbogen und die Vorgänge an der Kathode des Glimmstromes veröffentlicht; aus diesen Arbeiten ging sein Buch über die Elektrizität in Gasen und dasjenige über die elektrischen Quanten hervor. Seine spektralanalytischen Arbeiten stehen unter dem Gesichtspunkt des Zusammenhanges zwischen Änderung der Struktur und des Spektrums chemischer Atome. Zu ihnen gehören vor allem seine mit dem Nobelpreis gekrönten Arbeiten über den Doppler-Effekt bei Kanalstrahlen und über den Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien. Seine auf diesem Gebiete liegenden Bücher sind betitelt: Die elementare Strahlung, Elektrische Spektralanalyse chemischer Atome. In der dritten Gruppe seiner Arbeiten sucht Stark eine Aufklärung der Natur der Kräfte, welche die chemische Verbindung von Atomen bedingen. In seiner Hypothese über die chemische Valenz sieht er diese Kräfte in dem elektrischen Feld an der Atomoberfläche zwischen negativen Ladungen an ihr und der im Atominnern sitzenden positiven Ladung; diese Hypothese liegt seinem Buche zu Grunde: Die Elektrizität im chemischen Atom.



J. Stark.

[illegible] Stark

[illegible] in Bayern als Sohn des Gutsbesitzers [illegible] das humanistische Gymnasium in Bay[illegible] der Universität München studierte er von [illegible] Chemie und Kristallographie und war [illegible] Institut der Universität München. Im [illegible] Privatdozent für Physik an der Universi[illegible] 1906 wurde er ausserordentlicher Professor an der [illegible] Hannover, im Jahre 1909 ordentlicher Professor an [illegible] Hochschule Aachen; im Jahre 1917 siedelte er in gleicher [illegible] die Universität Greifswald über.

[illegible] haftliche Arbeiten erstrecken sich auf drei grosse Ge[illegible] Strömung in Gasen, die Spektralanalyse und die [illegible] So hat er eingehende Untersuchungen über den Licht[illegible] an der Kathode des Glimmstromes veröffentlicht. [illegible] ging sein Buch über die Elektrizität in Gasen und [illegible] elektrischen Quanten hervor. Seine spektralanalytischen [illegible] dem Gesichtspunkt des Zusammenhanges zwischen [illegible] des Spektrums chemischer Atome. Zu ihnen [illegible] dem Nobelpreis gekrönten Arbeiten über den [illegible] hlen und über den Effekt des elektrischen [illegible] seine auf diesem Gebiete liegenden Bücher sind [illegible] lung, Elektrische Spektralanalyse chemischer [illegible] ruppe seiner Arbeiten sucht Stark eine Auf[illegible] Kräfte, welche die chemische Verbindung von [illegible] seiner Hypothese über die chemische Valenz sieht [illegible] dem elektrischen Feld an der Atomoberfläche zwischen [illegible] en an ihr und der im Atominnern sitzenden positiven [illegible] Hypothese liegt seinem Buche zu Grunde: Die Elektrizität [illegible] en Atom.



A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

J. Stark.



A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

Haber

FRITZ HABER

[illegible] Sohn des Stadtältesten und Kaufmanns Sieg[illegible] [illegible]er am
[illegible]er 1868 in Breslau geboren. Er empfing seine [illegible]
[illegible]tadt auf dem humanistischen Gymnasium zu St[illegible]
[illegible]te sich bereits in seiner Schulzeit vielfach mit [illegible]
[illegible]—1891 studierte er an den Universitäten in [illegible]
[illegible] der Technischen Hochschule in Charlottenb[illegible]
[illegible]dium war er einige Zeit lang als Volontär in [illegible]
väterlichen Chemikaliengeschäft tätig. Das Inter[illegible] [illegible]ischen
[illegible]nologie führte ihn zeitweilig an die Technische [illegible] [illegible]rich,
unter Leitung von Georg Lunge seine Kenntnis auf diesem [illegible]
[illegible]e.

[illegible]m er sich endgültig entschlossen hatte, die wissenschaftliche Lauf-
[illegible] [illegible]len, verbrachte er anderthalb Jahre in Jena, um sich unter Lei-
[illegible] von Knorr in der organischen Chemie zu vervollkommnen und ging
[illegible] an die [illegible]hnische Hochschule in Karlsruhe, wo er von 1894—1911
[illegible]t als Assistent und Privatdozent für chemische Technologie, dann seit
als ordentlicher Professor für physikalische Chemie und Elektrochemie
Direktor des für dieses Fach an der Technischen Hochschule [illegible]
Institutes wirkte. 1911 wurde er [illegible] Direktor des Kaiser[illegible]
für physikalische Chemie und Elektrochemie [illegible] Ber[illegible]



Fritz Haber

ist als Sohn des Stadtältesten und Kaufmanns Siegfrid Haber am 9 Dezember 1868 in Breslau geboren. Er empfing seine Schulbildung in seiner Vaterstadt auf dem humanistischen Gymnasium zu St. Elisabeth und beschäftigte sich bereits in seiner Schulzeit vielfach mit chemischen Versuchen. Von 1886—1891 studierte er an den Universitäten in Heidelberg und Berlin und an der Technischen Hochschule in Charlottenburg; nach beendigtem Studium war er einige Zeit lang als Volontär in chemischen Fabriken und im väterlichen Chemikaliengeschäft tätig. Das Interesse an der chemischen Technologie führte ihn zeitweilig an die Technische Hochschule in Zürich, wo er unter Leitung von Georg Lunge seine Kenntnisse auf diesem Gebiete erweiterte.

Nachdem er sich endgültig entschlossen hatte, die wissenschaftliche Laufbahn zu wählen, verbrachte er anderthalb Jahre in Jena, um sich unter Leitung von Knorr in der organischen Chemie zu vervollkommnen und ging dann an die Technische Hochschule in Karlsruhe, wo er von 1894—1911 zuerst als Assistent und Privatdozent für chemische Technologie, dann seit 1906 als ordentlicher Professor für physikalische Chemie und Elektrochemie und Direktor des für dieses Fach an der Technischen Hochschule bestehenden Institutes wirkte. 1911 wurde er als Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie nach Berlin-Dahlem berufen.

CHARLES-EDOUARD GUILLAUME

est né le 15 février 1861 à Fleurier, village du Jura suisse, agricole jusqu'au milieu du dix-huitème siècle, et devenu, depuis lors, largement industriel, grâce à l'établissement, dans le Pays de Neuchâtel, de l'industrie horlogère. Son père, Édouard Guillaume, appartenait à une lignée de grands horlogers, auxquels des séjours prolongés à Londres avaient donné l'occasion de satisfaire une curiosité toujours en éveil, et d'acquérir une large culture, qu'ils aimaient à transmettre à leurs enfants. Sa mère possédait beaucoup de perspicacité et un jugement d'une remarquable rectitude.

En 1876, Ch.-Éd. Guillaume se rendit à Neuchâtel, où il suivit les cours du gymnase, puis ceux de l'Académie, où H. Schneebeli l'engageait, en 1878, comme assistant du cours de physique. La même année, il entra à l'École polytechnique fédérale, où il passa quatre ans, dans la section de l'enseignement des sciences mathématiques. Il se passionna pour l'analyse et la géométrie supérieure; mais, estimant, par comparaison avec ses camarades, que ses aptitudes n'y étaient pas exceptionnelles, il s'adonna plus particulièrement à la physique, tout en consacrant ses moments disponibles à l'étude des langues et des littératures. La lecture des Éloges académiques d'Arago exerça, à cette époque, une grande influence sur son développement et l'orientation de sa pensée. Sorti de l'École en 1882, il poursuivit, dans le laboratoire de H.-F. Weber, une recherche sur les *condensateurs électrolytiques*, et en fit sa thèse.

Le 1er octobre 1883, Ch.-Éd. Guillaume entra au Bureau international des Poids et Mesures, que dirigeait alors Ole Jacob Broch, et fut placé sous les ordres de J.-René Benoît, qui lui confia l'étude des thermomètres à mercure. Il s'y adonna avec ardeur, et fut à même de publier, en 1886, des *Etudes thermométriques*. Le travail, poursuivi et élargi, le conduisit à son *Traité de Thermométrie* (1889), qui, en beaucoup de ses parties, est encore actuel. Puis il fut attaché à l'étude des mètres prototypes, des étalons géodésiques, des mètres à bouts, travaux exécutés, pour la majeure partie, sous la direction de J.-René Benoît, ou en collaboration avec lui.



CHARLES EDOUARD GUILLAUME

... février 1861 à Fleurier, village du Jura suisse, agricole jusqu'au ... dix-huitième siècle, et devenu, depuis lors, largement industriel, ... l'établissement, dans le Pays de Neuchâtel, de l'industrie horlogère. Son père, Edouard Guillaume, appartenait à une lignée de grands horlogers auxquels des séjours prolongés à Londres avaient donné l'occasion de ... une curiosité toujours en éveil, et d'acquérir une large culture, ... à transmettre à leurs enfants. Sa mère possédait beaucoup ... et un jugement d'une remarquable rectitude.

... Ch.-Ed. Guillaume se rendit à Neuchâtel, où il suivit ... se, puis ceux de l'Académie, où H. Schneebeli l'engageait ... e assistant du cours de physique. La même année, il ... polytechnique fédérale, où il passa quatre ans, dans la sec... ... des sciences mathématiques. Il se passionna pour ... supérieure; mais, estimant, par comparaison avec ... aptitudes n'y étaient pas exceptionnelles, il s'adonna ... à la physique, tout en consacrant ses moments dispo... ... langues et des littératures. La lecture des Éloges ... exerça, à cette époque, une grande influence sur ... et l'orientation de sa pensée. Sorti de l'École en 1882, ... dans le laboratoire de H.-F. Weber, une recherche sur les ..., et en fit sa thèse.

... 188... Ch.-Ed. Guillaume entra au Bureau international ... dirigeait alors Ole Jacob Broch, et fut placé sous ... qui lui confia l'étude des thermomètres à ... ardeur, et fut à même de publier, en 1886, ... Le travail, poursuivi et élargi, le conduisit à ... (1889), qui, en beaucoup de ses parties, est ... fut attaché à l'étude des mètres prototypes, des ... des mètres à bouts, travaux exécutés, pour la majeure ... de J. René Benoit, ou en collaboration avec lui.



A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

Une détermination du volume du kilogramme d'eau l'occupa pendant plusieurs années.

Entre temps, la question du perfectionnement des étalons de longueur s'étant présentée comme l'une des plus importantes de la métrologie pratique, Guillaume en entreprit l'étude, et reconnut d'abord les excellentes qualités du nickel pur (1892), puis s'attacha à la recherche des propriétés des aciers au nickel, dont quelques anomalies avaient déjà été découvertes par John Hopkinson et par J.-René Benoît. Ce travail mit au jour un grand nombre de phénomènes insoupçonnés. Si partant du fer, on lui ajoute des quantités croissantes de nickel, on voit les premiers alliages révéler des propriétés irréversibles, en ce sens, que celles qu'ils possédent à une température déterminée dépendent essentiellement des températures antérieures. Puis, au delà de 28 p. 100 de nickel, les alliages sont doués, à chaque température, de propriétés uniques et bien définies. Leur dilatabilité, d'abord anormalement élevée, s'abaisse en même temps qu'augmente la teneur en nickel, passe par un minimum, puis remonte, pour rejoindre la dilatabilité propre au nickel. Les alliages à très faible dilatabilité portent le nom générique d'*invar* (1896—1900).

Les propriétés élastiques participent de la même anomalie, en ce sens que le coefficient thermoélastique, partant d'une valeur négative, s'élève avec la teneur en nickel, passe par un maximum positif, puis redescend vers la valeur propre au nickel. Mais on peut, par des additions massives de métaux ou métalloïdes (manganèse, chrome, carbone), amener le maximum de la courbe du coefficient thermoélastique à prendre la valeur nulle. Un alliage occupant ce point de la courbe possède un module d'élasticité pratiquement invariable dans un large intervalle de température, d'où le nom d'*élinvar* par lequel on le désigne. La solution est multiple en raison du choix des additions (1912—1919).

Les aciers au nickel industriels éprouvent des changements de volume passagers ou progressifs analogues à ceux que l'on a constatés depuis longtemps dans le verre. Il a été démontré récemment que ces changements sont entièrement dus aux transformations d'un carbure de fer, la cémentite. En éliminant le carbone dans la mesure du possible, et en faisant entrer le résidu dans une combinaison avec le chrome, on obtient des alliages d'une stabilité parfaite (1920).

Le but essentiel de ces recherches — le perfectionnement des étalons de mesure — a été largement atteint. En particulier, l'invar appliqué au procédé Jäderin de mesure des bases a transformé les méthodes de la géo-

désie pratique. Mais aussi, l'anomalie de dilatation des aciers au nickel a reçu de nombreuses applications, dont une, l'emploi d'un alliage possédant la dilatabilité du verre à la confection des fils conducteurs des lampes à incandescence, a pris une grande importance économique.

De tout temps, Ch.-Éd. Guillaume, se souvenant des enseignements recueillis dans les entretiens avec son père, avait cherché obstinément à perfectionner les organes réglants de la montre. Les anomalies des aciers au nickel vinrent lui en donner la possibilité. La réalisation (avec Paul Perret, 1897) d'un premier spiral compensateur permit d'améliorer la marche de montres dont le nombre se chiffre par dizaines de millions. Puis le principe d'un balancier entièrement compensateur ayant été indiqué (1899), on put accroître beaucoup la précision des chronomètres. Enfin, la découverte de l'élinvar, poursuivie systématiquement en vue de ses applications horlogères, a ramené le problème de la compensation à un degré de simplicité que l'on ne peut plus dépasser.

Ces travaux, qui ont valu à Ch.-Éd. Guillaume l'attribution du prix Nobel de physique, ont été consignés dans de nombreuses notes, présentées, en particulier, à l'Académie des Sciences de Paris, ou dans des rapports soumis au Comité international des Poids et Mesures, enfin dans deux ouvrages: *Recherches sur le Nickel et ses alliages* (1898), et: *Les applications des aciers au Nickel* (1904). Un mémoire d'ensemble est en cours d'impression, en vue d'être inséré dans le Tome XVIIème des *Travaux et Mémoires du Bureau international.*

Généralisant les données issues de ses recherches, Ch.-Éd. Guillaume s'est occupé de la constitution de la matière (*La vie de la matière*, 1899; *des États de la matière*, 1907), et a développé notamment une théorie physico-chimique de l'instabilité (1900). Il a apporté quelques éléments de progrès aux théories du rayonnement (1892—1907). Mais surtout, il a donné une constante attention au perfectionnement des instruments de mesure, aux questions relatives aux unités, à la diffusion du système métrique, etc. C'est de cette préoccupation que procèdent les ouvrages *Unités et étalons* (1894), *La Convention du Mètre et le Bureau international des Poids et Mesures* (1902). *Les recents progrès du Systeme mêtrique* (1907, 1913). On lui doit la proposition, aujourd'hui universellement acceptée, d'unifier le carat à 2 décigrammes.

Ses recherches métrologiques sont exposées pour la plupart dans des mémoires insérés dans les Travaux et Mémoires du Bureau international des

Poids et Mesures; plusieurs d'entre eux ont été écrits en collaboration avec J.-René Benoît.

Ayant senti, au contact des problèmes pratiques, et surtout de ceux de la balistique, que le lien ne s'était réalisé qu'avec peine, dans son esprit, entre les théories de la mécanique enseignées à l'école et les phénomènes d'observation courante, Ch.-Éd. Guillaume s'est attaché à développer un enseignement de la mécanique maintenu en contact étroit avec l'observation; son *Initiation à la Mécanique* s'est beaucoup répandue, et a été traduite en plusieurs langues. Il a publié en outre: *les Rayons X* (1896), et donné une traduction française de *Soap Bulles*, de C.-V. Boys (1892).

En 1901, Ch.-Éd. Guillaume a été nommé directeur-adjoint du Bureau international; depuis 1915, il en est le directeur.

Jules Bordet

est né à Soignies (Belgique) le 13 juin 1870, docteur en médecine en 1892, attaché à l'Institut Pasteur de Paris de 1894 à 1901, directeur de l'Institut Pasteur de Bruxelles depuis 1901, professeur à l'Université de Bruxelles depuis 1907. Membre de l'Académie de Médecine et de l'Académie des Sciences de Belgique. Membre étranger de l'Académie des Sciences de Suède, de l'Académie de Médecine de France, de la Royal Society de Londres, de l'Académie des Sciences de Danemark, de l'Institut de France. Membre de la Philosophical Society de Cambridge, de la Société de Biologie de Paris, de la Société de Pathologie de Grande Bretagne, etc. Docteur honoris causa de l'Université de Cambridge. Lauréat du Congrès international de Médecine en 1911 (prix de la Ville de Paris) à Budapest. Lauréat du prix Hansen (Copenhague 1913); a reçu la médaille Pasteur de la Société des Médecins de Suède.

Publications

1892—Adaptation des virus aux organismes vaccinés,

1895—*Contribution à l'étude du sérum chez les animaux vaccinés*,

1895—Les leucocytes et les propriétés actives du sérum chez les animaux vaccinés,

1896—*Recherches sur la phagocytose*,

1896—*Sur le mode d'action des sérums préventifs*,

1897—Contribution à l'étude du sérum antistreptococcique,

1898—*L'agglutination et la dissolution des globules rouges par le serum d'animaux injectés de sang défibriné*,

1899—*Le mécanisme de l'agglutination*,

1899—*Agglutination et dissolution des globules rouges par le sérum*,

1900—*Les sérums hémolytiques, leurs antitoxines et les théories des sérums cytolytiques*,



I. R. Lagrelius S.

Jules Bordet

JULES BORDET

[illegible] Soignies (Belgique) le 13 juin 1870, docteur en médecine [illegible] [illegible] à l'Institut Pasteur de Paris de 1894 à 1901, directeur de l'Institut [illegible] de Bruxelles depuis 1901, professeur à l'Université de Bruxelles [illegible] 1907. Membre de l'Academie de Médecine et de l'Academie des Sciences [illegible] Belgique. Membre étranger de l'Académie des Sciences de Suède, de l'Académie de Médecine de France, de la Royal Society de Londres, [illegible] des Sciences de Danemark, de l'Institut de France. Membre [illegible] Philosophical Society de Cambridge, de la Société de Biologie de [illegible] la Société de Pathologie de Grande Bretagne, etc. Docteur honoris [illegible] l'Université de Cambridge. Lauréat du Congrès international [illegible] en 1911 (prix de la Ville de Paris) à Budapest. Lauréat du [illegible] (Copenhague 1913); a reçu la médaille Pasteur de la Société [illegible] de Suède.

Publications

[illegible] Adaptation des virus aux organismes vaccinés.

[illegible] *Contribution à l'étude du sérum chez les animaux vaccinés.*

[illegible] Les leucocytes et les propriétés actives du sérum chez les animaux vaccinés.

[illegible] *Recherches sur la phagocytose.*

[illegible] *Sur le mode d'action des sérums préventifs.*

[illegible] Contribution à l'étude du serum antistreptococcique.

[illegible] *[illegible] et la dissolution des globules rouges par le serum d'animaux injectés de sang défibriné.*

[illegible] *Le mécanisme de l'agglutination.*

[illegible] *[illegible] et dissolution des globules rouges par le serum.*

[illegible] *[illegible] serums hémolytiques, leurs antitoxines et les theories des serums cytolytiques.*



A. B. Lagrelius & W stphal, Stockholm

Jules Bordet

1901—Recherches sur la coagulation du sang et les sérums anticoagulants (en collab.),

1901—*Sur l'existence de substances sensibilisatrices dans la plupart des sérums antimicrobiens* (en collab.),

1901—*Sur le mode d'action des sérums cytolytiques et sur l'unité de l'alexine dans un même sérum*,

1903—Les sensibilisatrices des bacilles tuberculeux (en collab.),

1903—*Sur le mode d'action des antitoxines sur les toxines*,

1903—Mode d'action et origine des substances actives des sérums préventifs et des sérums antitoxiques,

1903—Contribution à l'étude de la coagulation du sang (en collab.),

1904—*Recherches sur la coagulation du sang; deuxième mémoire: le rôle du contact et de la chaux* (en collab.),

1904—Recherches sur la coagulation du sang; troisième mémoire: contribution à l'étude du plasma fluoré (en collab.),

1904—Recherches sur la coagulation du sang; quatrième mémoire: sur le pouvoir coagulant du sérum (en collab.),

1904—Une méthode de culture des microbes anaérobies,

1904—*Les propriétés des antisensibilisatrices et les théories chimiques de l'immunité*,

1905—La valeur de la sérothérapie d'après les recherches récentes sur l'immunité,

1905—Sur la présence d'un spirille dans les couches profondes du chancre syphilitique (en collab.),

1905—Bemerkungen über die Antikomplemente,

1906—Les recherches sur l'immunité au point de vue thérapeutique,

1906—La méthode de mise en évidence des sensibilisatrices et ses applications récentes,

1906—Sur les relations des sensibilisatrices avec l'alexine (en collab.),

1906—*Le microbe de la coqueluche* (en collab.),

1906—Note complémentaire sur le microbe de la coqueluche (en collab.),

1907—Recherches sur la diphtérie aviaire (en collab.),

1907—Des nouvelles méthodes d'immunisation active,

1908—*L'absorption de l'alexine et le pouvoir antagoniste des sérums normaux* (en collab.),

1908—L'étiologie de la coqueluche. État actuel de la question (en collab.,

1908—*L'endotoxine coquelucheuse* (en collab.),

1909—Les phénomènes d'adsorption et la conglutinine du sérum de bœuf,

1909—La fixation de l'alexine et sa signification pour l'immunité,
1909—Mode d'action des substances actives des sérums,
1909—*La morphologie du microbe de la péripneumonie bovine*,
1909—Note complémentaire sur le microbe de la diphtérie des poules (en collab.),
1910—Über die Wirkungsweise der aktiven Substanzen im Blutserum,
1910—La diphtérie des poules (en collab.),
1910—*Sérodiagnostic et variabilité des microbes suivant le milieu de culture* (en collab.),
1911—La fixation de l'alexine (complément),
1911—Le sérodiagnostic de la coqueluche (en collab.),
1911—La coagglutination des globules rouges (en collab.),
1911—Le diagnostic de la coqueluche fruste (en collab.),
1911—Le rôle des plaquettes sanguines dans la production du ferment de la coagulation (en collab.),
1911—L'intervention des plaquettes sanguines dans la coagulation du sang (en collab.),
1912—*Les théories de l'hémolyse*,
1912—Note complémentaire sur le microbe de la coqueluche et sa variabilité au point de vue du sérodiagnostic et de la toxicité,
1912—*La diphtérie des pigeons*,
1912—Production du fibrin-ferment dans les mélanges de sérum et de peptone (en collab.),
1912—*La coagulation du sang et la genèse de la thrombine* (en collab.),
1912—Sur la nature du principe coagulant du suc de muscle, de la peptone et des plaquettes (en collab.),
1913—Anaphylaxis; its importance and mechanism,
1913—Microbian variability in relation to the serodiagnosis and the microorganism of whooping-cough,
1913—The coagulation of the blood,
1913—*Gélose et anaphylatoxine*,
1913—*Le mécanisme de l'anaphylaxie*,
1913—Qu'est-ce que l'anaphylaxie?
1913—Betrachtungen über die Rolle der Lipoide bei der Blutgerinnung (en collab.),
1913—*Sur la nature du cytozyme* (en collab.),
1913—Injections intraveineuses de cytozyme et coagulabilité du sang (en collab.),

1914—Geschichtlicher Überblick und allegemeine Anschauungen über Immunität,

1914—Geschichte der Hämolysinen,

1914—La question du rôle des lipoïdes dans la coagulation du sang (en collab.),

1914—*Analyse et synthèse du processus de la coagulation* (en collab.),

1920—Recherches sur la coagulation du sang (plusieurs notes),

1920—Recherches sur la coagulation du sang (propriétés des solutions dites pures de fibrinogène),

1920—*Exsudats leucocytaires et autolyse microbienne transmissible* (en collab.),

1920—*Le bactériophage de d'Hérelle. Sa production, son interprétation* (en collab.),

1920—*Revue des théories de la coagulation du sang,*

1920—*Traité de l'Immunité.*

August Krogh

blev födt i Grenaa i Östjylland d. 15 november 1874 som ældste sön of skibsbygger Viggo Krogh og hustru Maria födt Drechmann, blev student fra Aarhus Katedralskole i 1893 og studerede zoologi ved Kjöbenhavns universitet, hvilket studium afsluttedes i 1899 med en magisterkonferens.

Allerede som ung student begyndte han efter tilskyndelse af sin lærer og ven zoologen dr. phil. William Sörensen at arbejde med fysiologiske spörgsmaal, og i 1897 fik han adgang til at arbejde paa universitetets fysiologiske laboratorium under Christian Bohr. Umiddelbart efter magisterkonferensen ansattes han som assistent ved dette laboratorium og fik under denne fremragende lærer sin videnskabelige uddannelse i fysiologi. I 1902 deltog han i en videnskabelig expedition til Disko i Nordgrönland med den hensigt at foretage stofskifteundersögelser paa arktiske dyreformer. Da disse undersögelser ikke lod sig gennemföre af mangel paa materiale, udförtes i stedet en række bestemmelser af kulsyrespændinger og iltindholdet paa vandet i kilder, vandlöb og i havet, og disse undersögelser, der siden fortsattes i danske vande og i laboratoriet, förte til et arbejde om kulsyrespændinger i naturlige vande (Medd. om Grönland Bd. 26), hvori blandt andet grunden lagdes til den metodik til maaling af oplöste luftarters spænding i væsker, som siden anvendtes paa fysiologiske problemer.

I 1903 disputerede Krogh for den filosofiske doktorgrad med et arbejde over fröernes hud- og lungerespiration, og i 1906 vandt han den af Akademie der Wissenschaften i Wien udsatte Seegen-pris for en undersögelse over det frie kvælstofs deltagelse i stofskifteprocesserne, hvorved det lykkedes at godtgöre, at luftformigt kvælstof normalt ikke tager nogensomhelst del i stofskifeprocesserne, medens de fejlkilder, der havde givet Regnault og Seegen anledning til den modsatte opfattelse, klarlagdes. Umiddelbart efter afslutningen af dette arbejde optog Krogh i samarbejde med sin hustru, læge Marie Krogh, de undersögelser over blodets ilt- og kulsyrespænding, som i 1910 förte til en række publikationer om mekanismen ved lungegasvexlen (Skand. Arch. Physiol Bd. 23), hvori det godtgjordes, at simpel diffusion er tilstrækkelig til at forklare alle iagttagne forhold.



AUGUST KROGH

blev født i Grenaa i Østjylland d. 15 november 1874 som [illegible] søn af skibsbygger Viggo Krogh og hustru Maria født Drechmann, blev student fra Aarhus Katedralskole i 1893 og studerede zoologi ved Kjøbenhavns universitet, hvilket studium afsluttedes i 1899 med en magisterkonferens.

Allerede som ung student begyndte han efter tilskyndelse af [illegible] og ven zoologen dr. phil William Sørensen at arbejde med fysiologiske spørgsmaal, og i 1897 fik han adgang til at arbejde paa universitetets fysiologiske laboratorium under Christian Bohr. Umiddelbart efter magisterkonferensen ansattes han som assistent ved dette laboratorium og fik under [illegible] fremragende lærer sin videnskabelige uddannelse i fysiologi. I [illegible] [illegible] han i en videnskabelig expedition til Disko i Nordgrønland med det [illegible] at foretage stofskifteundersøgelser paa arktiske dyreformer. Da disse [illegible] ikke lod sig gennemføre af mangel paa materiale, udførte [illegible] en række bestemmelser af kulsyrespændinger og iltindholdet [illegible] i kilder, vandløb og i havet, og disse undersøgelser, der siden [illegible] i danske vande og i [illegible], førte til et arbejde om kulsyre[illegible] [illegible] i naturlige vande (Meddelelser om Grønland Bd. 26), hvori [illegible] grunden lagdes til den metode [illegible] maaling af opløste luftarters [illegible] [illegible], som siden anvendtes paa fysiologiske problemer.

[illegible] disputerede Krogh for den filosofiske doktorgrad med et arbejde [illegible] hud- og lungerespiration, og i 1906 vandt han den af Akademie der Wissenschaften i Wien [illegible] Seegen-pris for en undersøgelse over det frie kvælstofs deltagelse i [illegible] processerne, hvorved det lykkedes at godt[illegible] [illegible] kvælstof [illegible] ikke tager nogensomhelst del i stof[illegible], medens de fejlkilder, der havde givet Regnault og Seegen [illegible] modsatte [illegible]telse, klarlagdes. Umiddelbart efter afslut[illegible] af dette arbejde [illegible] Krogh i samarbejde med sin hustru, [illegible] Krogh, de undersøgelser over blodets ilt- og kulsyrespænding, som [illegible] førte til en række publikationer om mekanismen ved lungegasvexlen (Skand. Arch. Physiol Bd. 23), hvori det godtgjordes, at simpel diffusion er tilstrækkelig til at forklare alle iagttagne forhold.



August Krogh

I 1908 oprettedes for Krogh et docentur i dyrefysiologi under det matematisk-naturvidenskabelige fakultet ved Kjöbenhavns universitet. Da der forelöbig intet laboratorium kunde tilvejebringes, foretog han i sommeren 1908, sammen med sin frue en grönlandsrejse for at studere eskimoernes ernæringsforhold og virkningen paa organismen af excessiv ködernæring. Der medbragtes og opstilledes ved den biologiske station paa Disko et respirationskammer, som benyttedes til flere forsögsrækker paa eskimoer. Resultaterne publiceredes först 1912 (Medd. om Grönland Bd. 51).

Efter to aars arbejde under vanskelige forhold, hvor arbejdsplads og undervisningslokaler kun opnaaedes ved stor hjæpsomhed fra forskellige laboratorielederes side, oprettedes i 1910 det dyrefysiologiske laboratorium, og her arbejdede Krogh i de förste aar dels alene dels sammen med docent Lindhard og fru Krogh hovedsagelig med opgaver vedrörende respirations- og kredslöbsfysiologi, der bl. a. fört til en metode til maaling af kredslöbet hos mennesker. Siden laboratoriets oprettelse er de derfra udgaaede arbejder udsendt som Collected Papers, af hvilke fra 1911 til 1920 6 hæfter er udkomne.

I 1914 ansattes en assistent ved dyrefysiologisk laboratorium, hvorved betingelserne for Kroghs videnskabelige arbejde i höj grad forbedredes. I 1916 omdannedes docenturet til et ordinært professorat.

Efter opfordring af prof. Plimmer udarbejdede Krogh en monografi over det respiratoriske stofskifte hos dyr og mennesker (London 1915), og arbejdet med disse problemer gav stödet til en række undersögelser over iltens diffusion gennem dyriske membraner og over kapillærernes antal, fordeling og motoriske reaktioner. Resultaterne af disse undersögelser publiceredes först paa dansk (Videnskabernes Selskabs Biol. Medd. Bd. 1, 1918), senere i mere udförlig form paa engelsk (Journ. of Physiol. Vol. 52). Til disse arbejder slutter sig en række fortsatte undersögelser under fællestitlen »Studies on the capillariomotor mechanism» hvoraf endnu kun en enkelt er publiceret (Journ. of Physiol. Vol. 53).

(Traduction):

AUGUST KROGH

naquit à Grenaa, dans le Jutland, le 15 novembre 1874. Il était le fils aîné de Viggo Krogh, entrepreneur de constructions navales, et de Maria Krogh née Drechmann. Il fut reçu bachelier à l'école cathédrale d'Aarhus en 1893, et étudia la zoologie à l'Université de Copenhague où il prit en 1899 le grade de maître-ès-arts.

A l'instigation de son maître et ami, le regretté zoologue William Sörensen, il s'était déjà tout jeune étudiant occupé de questions physiologiques, et en 1897 il avait obtenu l'autorisation de travailler au laboratoire de physiologie de l'Université sous la direction de Christian Bohr. Immédiatement après avoir obtenu le grade de maître, il fut nommé préparateur à ce laboratoire et s'y perfectionna sous l'égide de son éminent maître. En 1902, il prit part à une expédition scientifique à Disko, dans le nord du Groenland, pour faire des études sur les échanges chez les animaux arctiques. Ces recherches ne pouvant s'effectuer faute de matériel, il s'occupa à déterminer les tensions de l'acide carbonique et la teneur d'oxygène de l'eau des sources, des ruisseaux et de la mer, et ces travaux, continués dans les eaux danoises et au laboratoire de Copenhague, servirent de base à un mémoire sur les tensions de l'acide carbonique dans les eaux naturelles (Medd. om Grönland, Bd. 26). C'est dans ce mémoire qu'on trouve posés, entre autres, les principes du mesurage tonométrique de la tension des gaz dissous dans les liquides, principes dont il s'est servi plus tard pour la solution de questions physiologiques.

En 1903, August Krogh soutint une thèse de doctorat sur la respiration cutanée et pulmonaire des grenouilles, et en 1906 il obtint le prix Seegen décerné par l'Académie des sciences de Vienne pour une étude sur le rôle de l'azote gazeux dans les processus des échanges. L'auteur prouvait que l'azote gazeux n'a point de part normalement aux processus des échanges et il dénonçait en même temps les erreurs qui avaient inspiré à Regnault et à Seegen l'opinion contraire. Aussitôt après avoir terminé ce travail, il entreprit, en collaboration avec sa femme, madame Marie Krogh, elle-même médecin, des études sur la tension de l'oxygène et de l'acide carbonique du sang qui aboutirent en 1910 à une série de publications sur le mécanisme de l'échange des gaz dans les poumons (Skand. Arch. Physiol. Bd. 23), établissant que la diffusion simple suffit à expliquer tous les phénomènes observés.

En 1908, fut instituée pour M. August Krogh une chaire de professeur adjoint de physiologie animale à la Faculté des sciences physiques et naturelles de l'Université de Copenhague. En attendant l'installation d'un laboratoire, il fit avec sa femme, pendant l'été 1908, un voyage au Groenland pour étudier les conditions d'alimentation des Esquimaux et l'effet sur l'organisme d'un régime exclusivement carné. Ils apportèrent et installèrent à la station biologique de Disko une chambre respiratoire qu'ils em-

ployèrent pour plusieurs séries d'expériences sur les Esquimaux. Les résultats n'en furent publiés qu'en 1912 (Medd. om Grönland Bd. 51).

Après deux années de travail dans des conditions difficiles où le professeur Krogh ne put trouver des locaux pour ses recherches que grâce à l'obligeance de plusieurs chefs de laboratoire, le laboratoire de physiologie animale fut enfin installé en 1910 et c'est là que travailla le professeur Krogh durant les premières années, tantôt seul, tantôt avec le concours du professeur Lindhard et de madame Krogh, principalement à des expériences concernant la physiologie de la respiration et de la circulation du sang. Ces expériences aboutirent, entre autres choses, au mesurage de la circulation du sang chez l'homme. Depuis l'établissement de ce laboratoire, le professeur Krogh a publié les résultats de ses travaux sous le titre de »Collected Papers», dont six fascicules ont paru de 1911 à 1920.

En 1914, on lui adjoignit un préparateur au laboratoire de physiologie animale, ce qui contribua beaucoup à lui faciliter ses travaux. En 1916 enfin, on créa pour lui une chaire de professeur titulaire.

A la demande du professeur Plimmer, M. Krogh a publié une monographie sur les échanges respiratoires chez les animaux et chez l'homme (Londres 1915), et l'étude de ces problèmes a donné naissance à une série de recherches sur la diffusion de l'oxygène à travers les membranes animales, ainsi que sur le nombre, la distribution et les réactions motrices des capillaires. Les résultats de ces études ont été publiés d'abord en danois (Videnskabernes Selskabs Biol. Medd. Bd. 1, 1918), ensuite sous une forme plus explicite en anglais (Journal of Physiol. Vol. 52). A ces travaux s'ajoute une série d'études sous le titre commun de »Studies on the capillariomotor mechanism», dont une seule a paru jusqu'ici (Journ. of Physiol. Vol. 53).

Carl Spitteler.

Ich bin am 24. April 1845 im Städtchen Liestal, Kanton Baselland, geboren. Mit vier Jahren kam ich nach Bern, wohin mein Vater als Staatskassier in der neugegründeten Eidgenossenschaft berufen wurde. Im Winter 1856 auf 1857 kehrte ich dann mit den Eltern in die Heimat zurück, besuchte, bei einer Tante in Basel wohnend, das dortige Gymnasium; hierauf, bei meinen Eltern in Liestal wohnend und täglich mit der Eisenbahn zur Schule fahrend, das Basler Obergymnasium, das sogenannte Pädagogium, wo Wilhelm Wackernagel und Jacob Burckhardt meine Lehrer waren. 1863 erfolgte auf Veranlassung des Vaters meine Immatrikulation an der juristischen Fakultät der Basler Universität. Später, anno 1865—1870, widmete ich mich dem Studium der Theologie in Zürich, Heidelberg und Basel. Nach Ablegung des theologischen Examens in Basel folgte ich der Einladung des Generals Standertskjöld nach Petersburg, um die Erziehung seiner jüngeren Kinder zu übernehmen. Ich reiste deshalb im August 1871 nach Petersburg, wo ich bis zum Jahre 1879 blieb. Dort, in Russland und in Finnland (Tavastehus), arbeitete ich an meinem Werke »Prometheus und Epimetheus«, das ich, in die Schweiz zurückgekehrt, unter dem Pseudonym Carl Felix Tandem auf eigene Kosten (1881) veröffentlichte. Das Buch blieb gänzlich unbeachtet, sogar unangezeigt und unbesprochen, sodass ich jede Hoffnung, mit meiner Poesie mir zugleich mein Brot zu verdienen, aufgeben musste, und als Lehrer an öffentlichen Schulen (Neuveville, Kanton Bern, 1881 bis 1885), später als Zeitungsredakteur (»Grenzpost« in Basel 1885 und 1886, »Neue Züricher Zeitung« 1890 bis 1892), mein Leben zu fristen gezwungen war.

Im Juli 1892, durch Schicksalsverhältnisse plötzlich unabhängig geworden, zog ich mit meiner Familie nach Luzern, wo ich seither in Glück und Frieden lebe.

Es erschienen nach »Prometheus und Epimetheus« (1881 und 1882) folgende Werke von mir:

»Extramundana« (1883), ein Buch, das ich als minderwertig verurteile.

»Schmetterlinge« (1889).



Carl Spitteler

[illegible] Spitteler

[illegible] den 24. April [illegible] im Städtchen Liestal, Kanton Baselland, geboren. [illegible] Bern, wohin mein Vater als Staats[illegible] der [illegible] Eidgenossenschaft berufen wurde. Im Winter [illegible] kehrte ich dann mit den Eltern in die Heimat zurück, besuchte bei einer Tante in Basel wohnend, das dortige Gymnasium; hierauf bei [illegible] Eltern in Liestal wohnend und täglich mit der Eisenbahn zur Schule [illegible] das Basler Obergymnasium, das sogenannte Pädagogium, wo Wilhelm Wackernagel und Jacob Burckhardt meine Lehrer waren. 1863 erfolgte [illegible] des Vaters meine Immatrikulation an der juristischen Fakultät [illegible] Universität. Später, anno 1865–1870, widmete ich mich dem [illegible] der Theologie in Zürich, Heidelberg und Basel. Nach Ablegung des [illegible] Examens in Basel folgte ich der Einladung des Generals [illegible] nach Petersburg, um die Erziehung seiner jüngeren Kinder zu übernehmen. Ich reiste deshalb im August 1871 nach Petersburg, wo ich bis zum Jahre 1879 blieb. Dort, in Russland und in Finnland (Tavastehus), arbeitete ich an meinem Werke »Prometheus und Epimetheus«, das ich, in die Schweiz zurückgekehrt, unter dem Pseudonym Carl Felix Tandem auf eigene Kosten (1881) veröffentlichte. Das Buch blieb [illegible] unbeachtet, sogar unangezeigt und unbesprochen, sodass ich jede Hoffnung, mit meiner Poesie mir zugleich mein Brot zu verdienen, aufgeben musste, und als Lehrer an öffentlichen Schulen (Neuveville, Kanton Bern 1881 bis 1885), später als Zeitungsredakteur (»Grenzpost« in Basel 1885 und 1886, »Neue Züricher Zeitung« 1890 bis 1892), mein Leben zu fristen gezwungen war.

Im Jahre [illegible], durch Schicksalsverhältnisse plötzlich unabhängig geworden, zog ich mit meiner Familie nach Luzern, wo ich seither in Glück und Frieden [illegible].

Es erschienen nach Prometheus und Epimetheus (1881 und [illegible]) folgende Werke von mir:

»Extramundana« (1883), ein Buch, das ich als minderwertig verurteile [illegible]

»[illegible]« (1889)



A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

Carl Spitteler.

»Friedli der Kolderi» (1891).

»Gustav» (1892).

»Litterarische Gleichnisse» (1892).

»Balladen» (1896).

»Der Gotthard» (1897).

»Conrad der Leutenant» (1898).

»Lachende Wahrheiten» (1898).

In den Jahren 1900 bis 1905 kam dann in vier Bänden das Epos »Der Olympische Frühling» heraus:

I. Die Auffahrt. Ouverture.

II. Hera die Braut.

III. Die Hohe Zeit.

IV. Ende und Wende.

Die zwei ersten Teile blieben eben so unbeachtet wie alle meine übrigen Bücher. Bis plötzlich, zwischen dem II. und III. Band, ein Musiker, der berühmte Felix Weingartner, auftrat, der in einer besonderen Schrift, betitelt »Carl Spitteler, ein künstlerisches Erlebnis» (München 1904), den »Olympischen Frühling» (zugleich mit meinem »Prometheus») den Deutschen verkündete. Dann gings. Für die Welt ist Felix Weingartner mein Entdecker, während ich dem Schweizer Publikum durch J. V. Widmann längst empfohlen war.

Im Jahre 1909 folgte eine umgearbeitete Ausgabe des Epos in fünf Teilen, von der bis Ende 1920 mehrere Auflagen erscheinen konnten. Nach dem »Olympischen Frühling» habe ich noch veröffentlicht:

»Glockenlieder» (1906).

»Imago» (1906).

»Die Mädchenfeinde» (1907), in mehrere Sprachen übersetzt. (Eine schwedische Übersetzung »Flickhataren» bei Wilhelm Bille in Stockholm.)

»Meine frühesten Erlebnisse» (1914).

Eine Gesamtausgabe meiner Werke existiert nicht. Sie wird verunmöglicht durch die steife Weigerung eines meiner Verleger (Albert Müller in Zürich), die bei ihm erschienenen vier Bücher für eine Gesamtausgabe beizusteuern.

In den letzten Jahren beschäftigt mich die Umdichtung meines ersten Werkes »Prometheus und Epimetheus».

Knut Hamsun

est né le 4 août 1860 à Lom en Gudbrandsdalen. Il passa ses années de croissance aux Lofoten où ses parents s'étaient transplantés quand l'enfant avait quatre ans. Il a lui-même raconté sa pauvre et triste existence pendant son enfance et sa jeunesse, dans une étude publiée par ‹Norsk Familjejournal› en 1898 sous le titre de *Oplevelser* (Choses vécues). A l'âge de 17 ans, il entra comme apprenti chez un cordonnier à Bodö, mais s'occupa en même temps de travaux littéraires. En 1878 parut son œuvre de début, la ballade *Et gensyn* (Une rencontre) et la nouvelle *Björger*, qui dépeint les expériences et les sentiments d'un pauvre fils de paysan. Cependant dix ans passèrent avant qu'il réussît à prendre rang dans la littérature norvégienne. Entre temps il parcourut la Norvège et l'Amérique, essayant de différents métiers. Il fut débardeur, maître d'école, secrétaire de bailli de village, conducteur de tramway (à Chicago), ouvrier agricole (dans les prairies de l'Ouest), conférencier (à Minneapolis), journaliste etc. En 1886, il publia sans nom d'auteur, dans la revue danoise ‹Ny Jord›, un fragment de nouvelle intitulé *Sult* (Faim) qui sous une forme plus achevée parut comme livre en 1890. Cette nouvelle, par l'originalité du style, des sentiments et des idées, plaça Hamsun d'un seul coup au premier rang des jeunes auteurs du Nord. Dans deux ouvrages de polémique *Fra Amerikas Aandsliv* (La vie intellectuelle de l'Amérique) 1889 et *Lars Oftedal*, il révéla un talent de spirituel persiflage. Il entreprit à la même époque une tournée de conférences dans lesquelles il s'appliqua à rabaisser le prestige des grands noms de la littérature norvégienne. Après ses premiers romans *Mysterier* (Mystères) 1892, *Redaktör Lynge* 1893, et *Ny Jord* (Nouvelle terre) 1893, mélange singulier de lyrisme, d'analyse psychologique et de vive satire sur l'art, la littérature et la presse du temps, parut *Pan* 1894, qui, par l'affirmation d'une personnalité frémissante, par son mysticisme hallucinant et son interprétation toute subjective et poétique de la nature, reste une des œuvres marquantes de la littérature moderne du Nord. Sa trilogie dramatique, écrite immédiatement après, *Ved Rigets port* (A la porte du pays) 1895, *Livets spil* (Le jeu de la vie) 1896 et *Aftenröde* (Rougeur du soir) 1898, dirigée contre l'influence avilissante de la vieillesse sur l'homme, faisait preuve, dans toute sa bizarre obscurité, de nouvelles tendances poétiques et d'un nouvel idéal. En 1898, parut le petit roman



Knut Ham[illegible]

Knut Hamsun

né le 4 août 1860 à Lom en Gudbrandsdalen. Il passa ses années de croissance aux Lofoten où ses parents s'étaient transplantés quand l'enfant avait quatre ans. Il a lui même raconté sa pauvre et triste existence pendant son enfance et sa jeunesse, dans une étude publiée par Norsk Familie journal en 1898 sous le titre de *Oplevelser* (Choses vécues). A l'âge de 17 ans, il entra comme apprenti chez un cordonnier à Bodö, mais s'occupa en même temps de travaux littéraires. En 1878 parut son œuvre de début, la ballade *Et gensyn* (Une rencontre) et la nouvelle *Björger*, qui dépeint les expériences et les sentiments d'un pauvre fils de paysan. Cependant dix ans passèrent avant qu'il réussit à prendre rang dans la littérature norvégienne. Entre temps il parcourut la Norvège et l'Amérique, essayant de différents métiers. Il fut débardeur, maître d'école, secrétaire de bailli de village, conducteur de tramway (à Chicago), ouvrier agricole (dans les prairies de l'Ouest), conférencier (à Minneapolis), journaliste etc. En 1888 il publia sans nom d'auteur, dans la revue danoise «Ny Jord», un fragment de nouvelle intitulé *Sult* (Faim) qui sous une forme plus achevée parut comme livre en 1890. Cette nouvelle, par l'originalité du style, des sentiments et des idées, plaça Hamsun d'un seul coup au premier rang des jeunes auteurs du Nord. Dans deux ouvrages de polémique *Fra Amerikas Aandsliv* (La vie intellectuelle de l'Amérique) 1889 et *Lars Oftedal*, il révéla un talent de spirituel persiflage. Il entreprit à la même époque une tournée de conférences dans lesquelles il s'appliqua à rabaisser le prestige des grands noms de la littérature norvégienne. Après ses premiers romans *Mysterier* (Mystères) 1892, *Redaktör Lynge* 1893, et *Ny Jord* (Nouvelle terre) 1893, mélange singulier de lyrisme, d'analyse psychologique et de vive satire sur l'art, la littérature et la presse du temps, parut *Pan* 1894, qui, par l'affirmation d'une personnalité frémissante, par son mysticisme hallucinant et son interprétation toute subjective et poétique de la nature, reste une des œuvres marquantes de la littérature moderne du Nord. Sa trilogie dramatique, écrite immédiatement après, *Ved Rigets port* (A la porte du pays) 1895, *Livets spil* (Le jeu de la vie) 1896 et *Aftenröde* (Rougeur du soir) 1898, dirigée contre l'influence avilissante de la vieillesse sur l'homme, faisait preuve, dans toute sa bizarre obscurité, de nouvelles tendances poétiques et d'un nouvel idéal. En 1898, parut le petit roman



A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

Knut Hamsun.

d'amour *Victoria* et, après un nouveau voyage à l'étranger, le drame romantique en vers *Munken Vendt* (Le moine Vendt) 1902, une des œuvres les plus fortes de l'auteur, poème psychologique sur le défi à la vie et l'anéantissement volontaire, inégal comme drame psychologique, mais contenant des parties d'une poésie brillante et, comme forme, véritable œuvre d'art par la beauté des vers. Une série d'impressions et de peintures *I Æventyrland* (Au pays des aventures) et le charmant drame légendaire *Dronning Tamara* (La reine Tamara), ces deux œuvres datant de 1903, rappellent un voyage en Orient. Le recueil de poésies *Det vilde Kor* (Le chœur sauvage) 1904, qui contient le poème bien connu écrit à l'occasion du 70ème anniversaire de Björnson, est considéré comme marquant l'apogée du lyrisme de Hamsun. Dans *Siesta*, *Kratskog* (Bois taillis) 1903, *Sværmere* (Rêveurs) 1904 et *Stridende Liv* (Vie de lutte) se trouve réunie une bonne partie de ses petites esquisses et nouvelles. Les romans *Under Höststjernen* (Sous l'étoile d'automne) 1906, *Benoni* 1907, *Rosa* 1908, *En Vandrer spiller med sordin* (Un passant joue en sourdine) 1909, et *Den sidste Glæde* (La dernière joie) 1911 sont le fruit d'une période un peu plus paisible autour de la cinquantaine. A la même période cependant appartient sa pièce obscure et cynique *Livet i Vold* (A la merci de la vie) 1910.

Vers cette époque, Hamsun se rendit dans le Nordland où il acheta un domaine qu'il cultiva lui-même. Plus tard (1917) il se transporta vers le sud du pays où il posséda différentes propriétés sur la côte ouest du fjord de Christiania. De cette dernière période de la vie de Hamsun, partagée entre la littérature et les travaux agricoles, datent les descriptions du Nordland *Börn av Tiden* (Enfant de ce temps) 1813 et *Segelforsby* 1915, qui nous donnent une image de la dissolution de la classe paysanne norvégienne sous l'action des marchands et l'influence des villes. De cette période datent encore *Markens Gröde* (Les fruits de la terre), le chef-d'œuvre qui lui a plus particulièrement valu le prix Nobel de 1919, et *Konerne ved Vandposten* (Les femmes à la source) 1920. Enfin on peut signaler les écrits de polémique de Hamsun contre la nouvelle orthographe norvégienne publiés sous le titre de *Sproget i Fare* (La langue en danger) 1917. Une édition populaire de ses romans et nouvelles a paru en 1907—1909, l'édition complète de ses œuvres en 1916, et un choix de ses *Dikte* (Poésies) en 1921.

Le portrait de M. HAMSUN est une reproduction d'une peinture à l'huile, exécutée en 1909 par l'artiste HENRIK LUND.

WOODROW WILSON

was born at Staunton, Virginia, U. S. A., on December 28th 1856. His family was of Scotch origin. He passed his youth in the southern states but in 1875 entered the University of Princeton, in the State of New Jersey, where later he was to live for many years, first as professor, then as president of the university and finally as governor of the state. Wilson studied law at Princeton; having attained his A. B. degree in 1879, he became a member of the law school of the University of Virginia, which he left in the following year.

In May 1882 he went to Atlanta, Georgia, and formed a partnership with another young lawyer but waited in vain for clients and meanwhile went on with the study of political science, which interested him more than the employments of a practising lawyer. He had already, in August 1879, contributed to *The International Review* an article on "Cabinet Government in the United States", and he now determined to quit the practice of law and become a professed student of politics and jurisprudence. He passed to the Johns Hopkins University, at Baltimore, where he spent two years and completed a thesis, the acceptance of which led to the degree of Ph. D. being conferred upon him in 1886. The thesis, which was published in the same year, was the still very valuable "Congressional Government; a Study in American Politics".

After having lectured for a short time at the Johns Hopkins University and at the Bryn Mawr College, Pennsylvania, he was in 1890 called to the chair of jurisprudence at Princeton University, where he soon became one of the most popular of the lecturers. In 1902 he was elected president of the university; there he acquired the reputation of a university reformer through his efforts to modernize the still rather aristocratic university traditions, efforts that were pursued by him with great energy in spite of strong opposition.

He had published at Boston in 1889 a handbook of political science, entitled: "The State: Elements of Historical and Practical Politics"; that book, which has been revised in its later editions, is still in use as a college man-



Woodrow Wilson

Woodrow Wilson

[illegible] born at Staunton, Virginia, U. S. A., on December 28th 185[illegible] [illegible] family was of Scotch origin. He passed his youth in the southern sta[illegible] but in 1875 entered the University of Princeton, in the State of New [illegible]ersey, where later he was to live for many years, first as professor, then as presi dent of the university and finally as governor of the state. Wilson st[illegible] law at Princeton; having attained his A. B. degree in 1879, he be[illegible] a member of the law school of the University of Virginia, which he [illegible] in the following year.

In M[illegible] 1882 he went to Atlanta, Georgia, and formed a part[illegible]ership [illegible] young lawyer but waited in vain for clients and meanw[illegible] [illegible] the study of political science, which interested [illegible]m more than [illegible] of a practising lawyer. He had already, in August 1879 [illegible] to *The International Review* an article on "Cabinet Government [illegible]d States", and he now determined to quit the practice of law [illegible] a professed student of politics and jurisprudence. He passed [illegible] Hopkins University, at Baltimore, where he spent two years and [illegible]ted a thesis, the acceptance of which led to the degree of Ph. D being conferred upon him in 1886. The thesis, which was published in the same year, was the still very valuable "Congressional Government: a Study in American [illegible]tics".

After [illegible] lectured for a short time at the Johns Hopkins University and at [illegible] Bryn Mawr College, Pennsylvania, he was in 1890 called to the ch[illegible] of jurisprudence at Princeton University, where he soon becam[illegible] one [illegible]he most popular of the lecturers. In 1902 he was elected presid[illegible] [illegible]niversity; there he acquired the reputation of a university reform[illegible]r [illegible]h his efforts to modernize the still rather aristocratic university [illegible] [illegible], efforts that were pursued by him with great energy in spite of stro[illegible] [illegible]position.

He had published at Boston in 1889 a handbook of political sc[illegible] entitled [illegible]: Elements of Historical and Practical Politics [illegible]; that [illegible] [illegible] revised in its later editions, is still in use as a colleg[illegible]



A. B. Lagrelius & Westphal Stockholm

Woodrow Wilson

ual. He examined, in 1907, in a series of lectures at Columbia University, the principles and the working system of the American Constitution and published the lectures later in book form as "Constitutional Government in the United States" (New York 1908). This book, like the one above mentioned on congressional government, is written in a very polished style and the constitutional views developed in it bear testimony to the statesmanlike spirit of their author. To the field of political history he also contributed several books and essays, among which we may note specially his brilliantly written popular "Biography of George Washington" (1896) and his great "History of the American People" (in 5 volumes, illustrated, New York, 1902).

Gradually Mr. Wilson's name had become universally known, thanks to his lectures and writings and to his work as a university president of markedly practical powers. The Democratic voters of the State of New Jersey elected him in 1910 governor of the state. His efforts during his tenure of the office, pursued on strong Democratic lines, placed him in the foremost rank of party politicians and led in June 1912 to his nomination by the Democratic party as a candidate for the presidential election. He was elected president in October for the term March 4th 1913 to March 4th 1917; at his inauguration he found a Democratic majority in both Houses.

We must abstain in this place from giving any account of his political life during his two presidential terms; such an account would amount to a history of the United States during these latter years.

After the outbreak of the European war Mr. Wilson joined "the League to enforce Peace", founded in 1915 by Mr. Taft and other prominent pacifists. At the banquet held at Washington on May 27th 1916 he delivered an address, in which he sketched in a general way his views on the future peace settlement. The salient passage in this speech was his enunciation of the idea of a universal League of Nations, to be formed of representatives of all the peoples on the foundation of an international military force guaranteeing the preservation of peace.

It is impossible here to review either the neutral policy pursued by Mr. Wilson during the first years of the war, or his efforts as a peace-mediator between the belligerent Powers, more especially by his proposal of Dec. 18th 1916. We will here merely mention that, upon the declaration by Germany of her intention to carry on unrestrained submarine warfare, the United States entered the war on the side of the Entente on April 2nd 1917.

Both before and after this declaration of war Mr. Wilson made public statements as to his views on the coming peace settlement; thus, more especially, in his message to the Senate of Jan. 22nd 1917, in his answer on Febr. 11th 1918 to the German Chancellor, Count Hertling, including the so-called 14 Points, in his address to the joint session of the Congress on Jan. 8th 1918, in which he enunciated the famous 14 Points, and finally in his addresses of July 4th 1918 and of Sept. 27th 1918.

In these statements he emphasized throughout that he regarded the establishment of a League of Nations as the foundation-stone of the coming peace conference.

During the months of October and November 1918 Mr. Wilson, on behalf of the victorious Powers, conducted the negotiations with Germany as to the terms of the armistice; in December 1918 he went to Paris as the head of the American delegation at the Paris Conference.

Mr. Wilson, who had been re-elected president in 1916 for the term March 4th 1917 to March 4th 1921, had by 1918 lost his Democratic majority in the Houses of Congress; and the Peace Treaty, concluded at Versailles on June 28th 1919 and embodying the Covenant of the League of Nations, did not secure the two-thirds majority of the Senate indispensable for its ratification.



A. B. Lagrelius & Westphal, Stockholm

LÉON VICTOR AUGUSTE ...

est né à Paris, le 21 mai 1851. Après ... l'administration de la République, il devint ... du Tarn, et, en 1885, de la Haute-Garonne. ... d'un fonctionnaire d'une rare habileté. En ... Boulangiste, il fut nommé préfet de police ...

Il entra dans la carrière politique, en ... cal député de la Marne contre le général ... même année, il fut nommé sous-secrétaire ... nistère Floquet. Il démissionna avec le ... dans l'année suivante il fut réélu député de ... ministre pour la première fois, et dans les ann... de plusieurs gouvernements.

En octobre 1895, il forma lui-même un ... de l'Intérieur; le gouvernement, cependant, ne ... Il fut ministre des Cultes dans le gouvern...

Président de la Chambre des dépu... il se désista, à la réélection en janvier ... étrangères sous Sarrien, depuis le 13 mars ... la conférence d'Algésiras.

M. BOURGEOIS fut le premier délé... de la Paix, à la Haye, en 1899 et 1907 ... présida la 3ème commission chargée de la ... nal. Il se distingua ici, comme toujours ... son tact diplomatique impeccable, et par sa ... les opinions opposées. En 1907, il fut prési... pour les questions relatives à l'arbitrage et aux ...

M. BOURGEOIS a fait preuve aussi de dons ... dans son étude sociologique «*La Solidarité*» ... *la Société des Nations*» (Paris 1909) est un re... importants aux conférences de la Haye et ... pacifistes.



Léon-Victor-Auguste Bourgeois

est né à Paris, le 21 mai 1851. Après avoir tenu plusieurs postes dans l'administration de la République, il devint, en 1882, préfet du département du Tarn, et, en 1885, de la Haute-Garonne. Il acquit vite la réputation d'un fonctionnaire d'une rare habileté. En 1887, au commencement de l'ère Boulangiste, il fut nommé préfet de police de Paris.

Il entra dans la carrière politique, en février 1888, élu par le parti radical député de la Marne contre le général Boulanger; au mois de mai de la même année, il fut nommé sous-secrétaire d'état de l'Intérieur dans le ministère Floquet. Il démissionna avec le ministère en février 1889; mais dans l'année suivante il fut réélu député de Reims. En 1890, il devint ministre pour la première fois, et dans les années suivantes, il fut membre de plusieurs gouvernements.

En octobre 1895, il forma lui-même un ministère, dont il fut ministre de l'Intérieur; le gouvernement, cependant, ne se maintint que six mois. Il fut ministre des Cultes dans le gouvernement de Brisson en 1898.

Président de la Chambre des députés depuis le mois de janvier 1902, il se désista, à la réélection en janvier 1904. Il fut ministre des Affaires étrangères sous Sarrien, depuis le 13 mars jusqu'au 18 oct. 1906, pendant la conférence d'Algésiras.

M. Bourgeois fut le premier délégué de la France aux conférences de la Paix, à la Haye, en 1899 et 1907. Dans la première conférence, il présida la 3ème commission chargée de la question de l'arbitrage international. Il se distingua ici, comme toujours, par la clarté de son esprit, par son tact diplomatique impeccable, et par sa remarquable habileté à concilier les opinions opposées. En 1907, il fut président de la 1ère commission pour les questions relatives à l'arbitrage et aux commissions d'enquête.

M. Bourgeois a fait preuve aussi de dons d'écrivain très sûrs, surtout dans son étude sociologique «*La Solidarité*» (Paris 1896). Son livre «*Pour la Société des Nations*» (Paris 1909) est un recueil de ses discours les plus importants aux conférences de la Haye et dans plusieurs autres congrès pacifistes.

Étant entré au Sénat en 1905, M. BOURGEOIS fut, pendant quelques années, empêché par la maladie de prendre une part active à la politique. Il reprit son siège au palais du Luxembourg au printemps de 1911. En janvier 1912, il devint membre du gouvernement de M. Poincaré. Il fut de nouveau premier ministre pendant la période de mars à novembre 1913. Il fut membre de plusieurs des gouvernements suivants.

En sa qualité de président d'une commission officielle pour l'étude des possibilités et des conditions d'une Société des Nations, M. Bourgeois présenta un projet de «pacte» en janvier 1918. Il fut ensuite président d'une nouvelle «Association française pour la Ligue des nations»; au mois de janvier 1919 cette association, avec d'autres unions semblables de divers pays, tint un congrès international à Paris. M. BOURGEOIS, en 1919, représenta la France dans la commission de la Société des nations à la Conférence de la Paix. Ses discours relatifs à cette idée ont été publiés dans le livre intitulé «*Le Pacte de 1919 et la Société des Nations*» (Paris 1919). Son rapport au sénat relatif à la ratification du traité de Versailles a été publié sous le titre de «*Le traité de Versailles*» (Paris 1920).

Il fut le premier représentant de la France au Conseil de la Société des Nations, dont il devint le premier président.

Depuis 1920, M. BOURGEOIS est président du sénat de France.

LES CONFÉRENCES NOBEL

EN 1919—1920

DIE ENTSTEHUNG UND BISHERIGE ENTWICKLUNG DER QUANTENTHEORIE.

Nobel-Vortrag, gehalten vor der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm, am 2. Juni 1920

von

MAX PLANCK.

Hochansehnliche Versammlung! Wenn ich den Sinn der mir am heutigen Tage obliegenden Verpflichtung, einen auf meine Schriften bezugnehmenden öffentlichen Vortrag zu halten, richtig verstehe, so glaube ich dieser Aufgabe, deren Bedeutung mir durch die Dankesschuld gegen den hochherzigen Gründer unserer Stiftung tief eingeprägt wird, nicht besser entsprechen zu können, als indem ich den Versuch mache, Ihnen die Geschichte der Entstehung der Quantentheorie in grossen Zügen zu schildern und daran anknüpfend in knappem Rahmen ein Bild von der bisherigen Entwicklung dieser Theorie und ihrer gegenwärtigen Bedeutung für die Physik zu entwerfen.

Blicke ich zurück auf die nun schon zwanzig Jahre zurückliegende Zeit, da sich der Begriff und die Grösse des physikalischen Wirkungsquantums zum ersten Mal aus dem Kreise der vorliegenden Erfahrungstatsachen herauszuschälen begann, und auf den langen, vielfach verschlungenen Weg, der schliesslich zu seiner Enthüllung führte, so will mir heute diese ganze Entwicklung bisweilen vorkommen als eine neue Illustration zu dem altbewährten *Goethe*'schen Wort, dass der Mensch irrt, solange er strebt. Und es möchte die ganze angestrengte Geistesarbeit eines emsig Forschenden im Grunde genommen vergeblich und hoffnungslos erscheinen, wenn er nicht manchmal durch auffallende Tatsachen den unumstösslichen Beweis dafür in die Hand bekäme, dass er am Ende aller seiner Kreuz- und Querfahrten schliesslich doch der Wahrheit wenigstens um einen Schritt endgültig näher gekommen ist. Unumgängliche Voraussetzung, wenn auch noch lange nicht die Gewähr für einen Erfolg ist freilich die Verfolgung

eines bestimmten Zieles, dessen Leuchtkraft auch durch anfängliche Misserfolge nicht getrübt wird.

Für mich war ein solches Ziel seit langem die Lösung der Frage nach der Energieverteilung im Normalspektrum der strahlenden Wärme. Seitdem *Gustav Kirchhoff* gezeigt hatte, dass die Beschaffenheit der Wärmestrahlung, die sich in einem von beliebigen emittierenden und absorbierenden, gleichmässig temperierten Körpern begrenzten Hohlraum ausbildet, völlig unabhängig ist von der Natur der Körper, war die Existenz einer universellen Funktion erwiesen, die nur von der Temperatur und der Wellenlänge, aber von keinerlei besonderen Eigenschaften irgend einer Substanz abhängt, und die Auffindung dieser merkwürdigen Funktion versprach tiefere Einblicke in den Zusammenhang zwischen Energie und Temperatur, welche ja das erste Problem der Thermodynamik und dadurch auch der ganzen Molekularphysik bildet. Um zu ihr zu gelangen, bot sich kein anderer Weg als der, unter allen verschiedenartigen in der Natur vorkommenden Körpern sich irgend einen von bekanntem Emissions- und Absorptionsvermögen auszusuchen und die Beschaffenheit der mit ihm im stationären Energieaustausch stehenden Wärmestrahlung zu berechnen. Diese musste sich dann nach dem *Kirchhoff*schen Satz als unabhängig von der Beschaffenheit des Körpers ergeben.

Als ein für diesen Zweck besonders geeigneter Körper erschien mir der geradlinige Oszillator von *Heinrich Hertz*, dessen Emissionsgesetze, bei gegebener Schwingungszahl, *Hertz* kurz zuvor vollständig entwickelt hatte. Wenn in einem rings von spiegelnden Wänden umgebenen Hohlraum sich eine Anzahl solcher *Hertz*'scher Oszillatoren befindet, so werden sie durch Abgabe und Aufnahme elektromagnetischer Wellen, nach Analogie akustischer Tongeber und Resonatoren, miteinander Energie austauschen, und schliesslich müsste sich in dem Hohlraum die stationäre, dem *Kirchhoff*schen Gesetz entsprechende, sogenannte schwarze Strahlung einstellen. Ich gab mich damals der uns allerdings heutzutage etwas naiv anmutenden Erwartung hin, die Gesetze der klassischen Elektrodynamik würden, wenn man nur allgemein genug vorginge und sich von zu speziellen Hypothesen fernhielte, hinreichen, um das Wesentliche des zu erwartenden Vorgangs zu erfassen und dadurch zum angestrebten Ziele zu gelangen. Daher entwikkelte ich zunächst die Gesetze der Emission und Absorption eines linearen Resonators auf möglichst allgemeiner Grundlage, tatsächlich auf einem Umwege, den ich mir durch Benutzung der damals im Grunde schon fertig vorliegenden Elektronentheorie von *H. A. Lorentz* hätte ersparen können.

Aber da ich der Elektronenhypothese noch nicht ganz traute, so zog ich es vor, die Energie zu betrachten, die durch eine in angemessenem Abstand von dem Resonator um ihn herumgelegte Kugelfläche aus- und einströmt. Dabei kommen nur Vorgänge im reinen Vakuum in Betracht, deren Kenntnis aber genügt, um die nötigen Schlüsse auf die Energieänderungen des Resonators zu ziehen.

Die Frucht dieser längeren Reihe von Untersuchungen, von denen einzelne durch Vergleichung mit vorliegenden Beobachtungen, namentlich den Dämpfungsmessungen von *V. Bjerknes* geprüft werden konnten und sich dabei bewährten, war die Aufstellung der allgemeinen Beziehung zwischen der Energie eines Resonators von bestimmter Eigenperiode und der Energiestrahlung des entsprechenden Spektralgebiets im umgebenden Felde beim stationären Energieaustausch. Es ergab sich dabei das bemerkenswerte Resultat, dass diese Beziehung garnicht abhängt von der Natur des Resonators, insbesondere auch nicht von seiner Dämpfungskonstanten — ein Umstand, der mir deshalb sehr erfreulich und willkommen war, weil sich dadurch das ganze Problem insofern vereinfachen liess, als statt der Energie der Strahlung die Energie des Resonators gesetzt werden konnte, und dadurch an die Stelle eines verwickelten aus vielen Freiheitsgraden zusammengesetzten Systems ein einfaches System von einem einzigen Freiheitsgrad trat.

Freilich bedeutete dies Ergebnis nicht mehr als einen vorbereitenden Schritt für die Inangriffnahme des eigentlichen Problems, das nun in seiner ganzen unheimlichen Höhe sich desto steiler auftürmte. Der erste Versuch zu seiner Bewältigung misslang, denn meine ursprüngliche stille Hoffnung, die von dem Resonator emittierte Strahlung werde sich in irgend einer charakteristischen Weise von der absorbierten Strahlung unterscheiden und dadurch zu einer Differentialgleichung Anlass geben, durch deren Integration man zu einer besonderen Bedingung für die Beschaffenheit der stationären Strahlung gelangen könne, erwies sich als trügerisch. Der Resonator reagierte nur auf diejenigen Strahlen, die er auch emittierte, und zeigte sich nicht im mindesten empfindlich gegen benachbarte Spektralgebiete.

Zudem rief meine Unterstellung, der Resonator vermöge eine einseitige, also irreversible Wirkung auf die Energie des umgebenden Strahlungsfeldes auszuüben, den energischen Widerspruch *Ludwig Boltzmanns* hervor, der mit seiner reiferen Erfahrung in diesen Fragen den Nachweis führte, dass nach den Gesetzen der klassischen Dynamik jeder der von mir betrachteten Vorgänge auch in genau entgegengesetzter Richtung verlaufen kann, derart, dass eine einmal vom Resonator emittierte Kugelwelle umgekehrt von aussen

nach innen fortschreitend in stetig sich verkleinernden konzentrischen Kugelflächen bis auf den Resonator zusammenschrumpft, von ihm wieder absorbiert wird und ihn dadurch andererseits veranlasst, die vormals absorbierte Energie nach derjenigen Richtung, von der sie gekommen, wieder in den Raum hinauszusenden; und wenn ich auch derartige singuläre Vorgänge, wie einwärts gerichtete Kugelwellen, durch die Einführung einer besonderen einschränkenden Festsetzung, der Hypothese der natürlichen Strahlung, ausschliessen konnte, so zeigte sich bei allen diesen Analysen doch immer deutlicher, dass zur vollständigen Erfassung des Kernpunkts der ganzen Frage noch ein wesentliches Bindeglied fehlen müsse.

So blieb mir nichts übrig, als das Problem einmal von der entgegengesetzten Seite in Angriff zu nehmen, von der Thermodynamik her, auf deren Boden ich mich ohnehin von Hause aus sicherer fühlte. In der Tat kamen mir hier meine früheren Studien über den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie dadurch zugute, dass ich gleich von vornherein darauf verfiel, nicht die Temperatur, sondern die Entropie des Resonators mit seiner Energie in Beziehung zu bringen, und zwar nicht die Entropie selber, sondern ihren zweiten Differentialkoeffizienten nach der Energie, weil dieser eine direkte physikalische Bedeutung für die Irreversibilität des Energieaustausches zwischen Resonator und Strahlung besitzt. Da ich indessen in jener Zeit noch zu sehr phänomenologisch orientiert war, um näher nach dem Zusammenhang zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit zu fragen, so sah ich mich zunächst allein auf die vorliegenden Ergebnisse der Erfahrung angewiesen. Nun stand damals, im Jahre 1899, im Vordergrund des Interesses das kurz zuvor von *W. Wien* aufgestellte Energieverteilungsgesetz, dessen experimentelle Prüfung einerseits von *F. Paschen* an der Hochschule in Hannover, andererseits von *O. Lummer* und *E. Pringsheim* an der Reichsanstalt in Charlottenburg in Angriff genommen war. Dieses Gesetz stellt die Abhängigkeit der Strahlungsintensität von der Temperatur vermittels einer Exponentialfunktion dar. Berechnet man den dadurch bedingten Zusammenhang zwischen der Entropie und der Energie eines Resonators, so ergibt sich das merkwürdige Resultat, dass der reziproke Wert des oben genannten Differentialkoeffizienten, den ich hier einmal mit R bezeichnen will, proportional ist der Energie. Diese überaus einfache Beziehung kann als der vollständig adaequate Ausdruck des *Wien*schen Energieverteilungsgesetzes gelten; denn mit der Abhängigkeit von der Energie ist auch die von der Wellenlänge stets unmittelbar mitgegeben durch das allgemein sichergestellte *Wien*sche Verschiebungsgesetz.

Da es sich bei dem ganzen Problem um ein universelles Naturgesetz handelt, und da ich damals, wie noch heute, von der Ansicht durchdrungen war, dass ein Naturgesetz um so einfacher lautet, je allgemeiner es ist, wobei allerdings die Frage, welche Formulierung als die einfachere zu betrachten ist, nicht immer zweifelfrei und endgültig entschieden werden kann, so glaubte ich eine zeitlang in dem Satz, dass die Grösse R der Energie proportional ist, das Fundament des ganzen Energieverteilungsgesetzes erblicken zu sollen. Diese Auffassung erwies sich aber bald den Ergebnissen neuerer Messungen gegenüber als unhaltbar. Während sich nämlich für kleine Werte der Energie bezw. für kurze Wellen das *Wien*sche Gesetz auch in der Folge ausgezeichnet bestätigte, stellten für längere Wellen zuerst *O. Lummer* und *E. Pringsheim* merkliche Abweichungen fest, und vollends die von *H. Rubens* und *F. Kurlbaum* mit den ultraroten Reststrahlen von Flussspat und Steinsalz ausgeführten Messungen offenbarten ein total verschiedenartiges, aber ebenfalls wieder höchst einfaches Verhalten, welches sich dahin charakterisieren lässt, dass die Grösse R nicht der Energie, sondern dem Quadrate der Energie proportional ist, und zwar mit umso grösserer Genauigkeit, zu je grösseren Energien und Wellenlängen man übergeht.

So waren nun durch direkte Erfahrung für die Funktion R zwei einfache Grenzen festgelegt: für kleine Energien Proportionalität mit der Energie, für grosse Energien Proportionalität mit dem Quadrate der Energie. Nichts lag daher näher als für den allgemeinen Fall die Grösse R gleichzusetzen der Summe eines Gliedes mit der ersten Potenz und eines Gliedes mit der zweiten Potenz der Energie, sodass für kleine Energien das erste, für grosse Energien das zweite Glied ausschlaggebend wird, und damit war die neue Strahlungsformel gefunden, welche bis jetzt ihren experimentellen Prüfungen gegenüber ziemlich befriedigend standgehalten hat. Von einer endgültigen genauen Bestätigung durch die Erfahrung darf freilich auch heute noch nicht gesprochen werden, vielmehr wäre eine erneute Prüfung dringend erwünscht.

Aber selbst wenn die Strahlungsformel sich als absolut genau bewähren sollte, so würde sie, lediglich in der Bedeutung einer glücklich erratenen Interpolationsformel, doch nur einen recht beschränkten Wert besitzen. Daher war ich von dem Tage ihrer Aufstellung an mit der Aufgabe beschäftigt, ihr einen wirklichen physikalischen Sinn zu verschaffen, und diese Frage führte mich von selbst zu der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit, also auf *Boltzmann*'sche Ideen-

gänge; bis sich nach einigen Wochen der angespanntesten Arbeit meines Lebens das Dunkel lichtete und eine neue ungeahnte Fernsicht aufzudämmern begann.

Es sei mir hier eine kleine Einschaltung gestattet. Die Entropie ist nach *Boltzmann* ein Mass für die physikalische Wahrscheinlichkeit, und das Wesen des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie besteht darin, dass in der Natur ein Zustand um so häufiger vorkommt, je wahrscheinlicher er ist. Nun misst man in der Natur immer nur Differenzen von Entropien, niemals die Entropie selber, und insofern kann man garnicht ohne eine gewisse Willkür von der absoluten Entropie eines Zustandes reden. Aber dennoch empfiehlt sich die Einführung der passend definierten absoluten Grösse der Entropie, und zwar aus dem Grunde, weil mit ihrer Hilfe gewisse allgemeine Sätze sich besonders einfach formulieren lassen. Es geht hier, soviel ich sehe, ganz ebenso wie bei der Energie. Auch die Energie ist nicht selber messbar, sondern nur ihre Differenzen. Daher rechnete man früher nicht mit der Energie, sondern mit der Arbeit, und noch *Ernst Mach*, der sich vielfach mit dem Satz der Erhaltung der Energie beschäftigt hat, der aber allen über das Gebiet der Beobachtung hinausgehenden Spekulationen grundsätzlich aus dem Wege ging, hat es stets vermieden, von der Energie selber zu sprechen. Ebenso blieb man in der Thermochemie anfänglich immer bei den Wärmetönungen, also bei Energiedifferenzen, stehen, bis namentlich *Wilhelm Ostwald* mit Nachdruck darauf hinwies, dass manche umständliche Überlegung sich wesentlich abkürzen lässt, wenn man statt mit den kalorimetrischen Zahlen mit den Energien selber rechnet. Die in dem Ausdruck der Energie dann zunächst noch unbestimmt bleibende additive Konstante ist später durch den relativistischen Satz von der Proportionalität zwischen Energie und Trägheit endgültig festgelegt worden.

Ähnlich wie für die Energie kann man nun auch für die Entropie, und infolgedessen auch für die physikalische Wahrscheinlichkeit, einen absoluten Wert definieren, indem man die additive Konstante etwa dadurch festlegt, dass mit der Energie zugleich auch die Entropie verschwindet. Auf Grund einer derartigen Betrachtungsweise ergab sich für die Berechnung der physikalischen Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Energieverteilung in einem System von Resonatoren ein bestimmtes, verhältnismässig einfaches kombinatorisches Verfahren, welches genau zu dem durch das Strahlungsgesetz bedingten Entropieausdruck führt, und es gewährte mir eine besonders wertvolle Genugtuung für manche durchgemachte Enttäuschung, dass *Ludwig Boltzmann* in dem Briefe, mit dem er die Zusendung meines

Aufsatzes beantwortete, sein Interesse und sein grundsätzliches Einverständnis mit dem von mir eingeschlagenen Gedankengang zu erkennen gab.

Zur numerischen Durchführung der angedeuteten Wahrscheinlichkeitsbetrachtung bedarf es der Kenntnis zweier universeller Konstanten, deren jede eine selbständige physikalische Bedeutung besitzt, und deren nachträgliche Berechnung aus dem Strahlungsgesetz daher eine Prüfung der Frage ermöglicht, ob das ganze Verfahren nur als ein rechnerischer Kunstgriff zu bewerten ist, oder ob ihm ein wirklicher physikalischer Sinn innewohnt. Die erste Konstante ist mehr formaler Natur, sie hängt zusammen mit der Definition der Temperatur. Würde man die Temperatur definieren als die mittlere kinetische Energie eines Moleküls in einem idealen Gase, also eine winzig kleine Grösse, so würde diese Konstante den Wert $^2/_3$ besitzen. Im konventionellen Temperaturmass dagegen nimmt die Konstante einen äusserst kleinen Wert an, welcher naturgemäss in engem Zusammenhang steht mit der Energie eines einzigen Moleküls, und dessen genaue Kenntnis daher zu einer Berechnung der Masse eines Moleküls und der damit zusammenhängenden Grössen führt. Häufig wird diese Konstante auch als *Boltzmann*'sche Konstante bezeichnet, obwohl *Boltzmann* selber sie meines Wissens niemals eingeführt hat — ein eigentümlicher Umstand, der wohl dadurch zu erklären ist, dass *Boltzmann*, wie aus gelegentlichen Äusserungen von ihm hervorzugehen scheint, garnicht an die Ausführbarkeit einer genauen Messung der Konstanten dachte. Nichts kann den geradezu stürmischen Fortschritt, den die Kunst des Experimentierens in den letzten zwanzig Jahren gemacht hat, besser illustrieren als die Tatsache, dass seitdem nicht nur eine, sondern eine ganze Anzahl Methoden entdeckt wurde, um die Masse eines einzelnen Moleküls mit fast derselben Genauigkeit zu messen wie die eines Planeten.

Während zu der Zeit, als ich die entsprechende Berechnung aus dem Strahlungsgesetz ausführte, eine exakte Prüfung der gewonnenen Zahl überhaupt nicht möglich war, und nicht viel mehr übrig blieb als die Feststellung der Zulässigkeit ihrer Grössenordnung, gelang es bald darauf *E. Rutherford* und *H. Geiger*, mittels direkter Zählung der α-Teilchen den Wert der elektrischen Elementarladung zu $4{,}65 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten zu bestimmen, dessen Übereinstimmung mit der von mir berechneten Zahl $4{,}69 \cdot 10^{-10}$ als eine entscheidende Bestätigung für die Brauchbarkeit meiner Theorie angesehen werden durfte. Seitdem haben weiter ausgebildete Methoden, von *E. Regener*, *R. A. Millikan* u. a. zu einer kleinen Erhöhung dieses Wertes geführt.

Sehr viel unbequemer als die der ersten war die Deutung der zweiten universellen Konstanten des Strahlungsgesetzes, welche ich, weil sie das Produkt einer Energie und einer Zeit vorstellt, nach der ersten Berechnung $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg. sec, als elementares Wirkungsquantum bezeichnete. Während sie für die Gewinnung des richtigen Ausdrucks für die Entropie durchaus unentbehrlich war — denn nur mit ihrer Hilfe liess sich die Grösse der für die angestellte Wahrscheinlichkeitsbetrachtung massgebenden ›Elementargebiete‹ oder ›Spielräume‹ der Wahrscheinlichkeit festlegen — erwies sie sich gegenüber allen Versuchen, sie in irgend einer angemessenen Form dem Rahmen der klassischen Theorie einzupassen, als sperrig und widerspenstig. Solange man sie als unendlich klein betrachten durfte, also bei grossen Energien oder langen Zeitperioden, war alles in schönster Ordnung; im allgemeinen Falle jedoch klaffte an irgend einer Stelle ein Riss, der umso auffallender wurde, zu je schwächeren und schnelleren Schwingungen man überging. Das Scheitern aller Versuche, die entstandene Kluft zu überbrücken, liess bald keinen Zweifel mehr übrig: entweder war das Wirkungsquantum nur eine fiktive Grösse, dann war die ganze Deduktion des Strahlungsgesetzes prinzipiell illusorisch und stellte nichts weiter vor als eine inhaltsleere Formelspielerei, oder aber der Ableitung des Strahlungsgesetzes lag ein wirklich physikalischer Gedanke zugrunde; dann musste das Wirkungsquantum in der Physik eine fundamentale Rolle spielen, dann kündigte sich mit ihm etwas ganz Neues, bis dahin Unerhörtes an, das berufen schien, unser physikalisches Denken, welches seit der Begründung der Infinitesimalrechnung durch *Leibniz* und *Newton* sich auf der Annahme der Stetigkeit aller ursächlichen Zusammenhänge aufbaut, von Grund aus umzugestalten.

Die Erfahrung hat für die zwiete Alternative entschieden. Dass aber die Entscheidung so bald und so zweifellos fallen konnte, das verdankt die Wissenschaft nicht der Prüfung des Energieverteilungsgesetzes der Wärmestrahlung, noch weniger der von mir gegebenen speziellen Ableitung dieses Gesetzes, sondern das verdankt sie den rastlos vorwärtsdrängenden Arbeiten derjenigen Forscher, welche das Wirkungsquantum in den Dienst ihrer Untersuchungen gezogen haben. Den ersten Vorstoss auf diesem Gebiete machte *A. Einstein*, welcher einerseits darauf hinwies, dass die Einführung der durch das Wirkungsquantum bedingten Energiequanten geeignet erscheint, um für eine Reihe von bemerkenswerten, bei Lichtwirkungen gemachten Beobachtungen, wie die *Stokes*sche Regel, die Elektronenemission, die Gasionisierung, eine einfache Erklärung zu gewinnen, andererseits durch die Identi-

fizierung des Ausdrucks für die Energie eines Systems von Resonatoren mit der Energie eines festen Körpers eine Formel für die spezifische Wärme fester Körper ableitete, die den Gang der spezifischen Wärme, insbesondere ihre Abnahme bei sinkender Temperatur, im Ganzen richtig wiedergibt. Damit war nach verschiedenen Richtungen hin eine Anzahl von Fragen aufgeworfen, deren genauere vielseitige Durcharbeitung im Laufe der Zeit zahlreiches wertvolles Material zutage förderte. Es kann hier meine Aufgabe nicht sein, einen auch nur annähernd vollständigen Bericht von der Fülle der hier geschaffenen Leistungen zu erstatten; lediglich darum kann es sich handeln, die wichtigsten charakteristischen Etappen auf dem Wege der fortschreitenden Erkenntnis hervorzuheben.

Zunächst für thermische und chemische Vorgänge. Was die spezifische Wärme fester Körper betrifft, so wurde die *Einstein*sche Betrachtung, die auf der Annahme einer einzigen Eigenschwingung der Atome beruhte, von *M. Born* und *Th. von Kármán* erweitert auf den der Wirklichkeit besser angepassten Fall verschiedenartiger Eigenschwingungen, und *P. Debye* gelang es durch eine kühne Vereinfachung der Voraussetzungen über den Charakter der Eigenschwingungen, eine verhältnismässig einfache Formel für die spezifische Wärme fester Körper aufzustellen, welche besonders für tiefe Temperaturen nicht nur die von *W. Nernst* und seinen Schülern gemessenen Werte ausgezeichnet wiedergibt, sondern auch mit den elastischen und optischen Eigenschaften der Körper gut verträglich ist. Aber auch bei der spezifischen Wärme von Gasen machen sich die Wirkungsquanten bemerklich. Schon *W. Nernst* hatte frühzeitig darauf hingewiesen, dass dem Energiequantum einer Schwingung auch ein Energiequantum einer Rotation entsprechen muss, und demgemäss war zu erwarten, dass auch die Rotationsenergie der Gasmoleküle bei sinkender Temperatur verschwindet. Die Messungen von *A. Eucken* über die spezifische Wärme von Wasserstoff ergaben die Bestätigung dieses Schlusses, und wenn die Rechnungen von *A. Einstein* und *O. Stern*, *P. Ehrenfest* u. a. bisher keine genau befriedigende Übereinstimmung ergaben, so liegt das verständlicherweise an unserer noch unvollständigen Kenntnis von dem Modell eines Wasserstoffmoleküls. Dass die durch die Quantenbedingung ausgezeichneten Rotationen der Gasmoleküle tatsächlich in der Natur vorhanden sind, kann nach den Arbeiten von *N. Bjerrum*, *E. v. Bahr*, *H. Rubens* und *G. Hettner* u. a. über Absorptionsbanden im Ultraroten nicht mehr bezweifelt werden, wenn auch eine allseitig erschöpfende Erklärung dieser merkwürdigen Rotationsspektra bisher noch nicht hat gegeben werden können.

Da schliesslich alle Affinitätseigenschaften einer Substanz durch ihre Entropie bedingt sind, so eröffnet die quantentheoretische Berechnung der Entropie auch den Zugang zu allen Problemen der chemischen Verwandtschaftslehre. Charakteristisch für den absoluten Wert der Entropie eines Gases ist die *Nernst*sche chemische Konstante, welche *O. Sackur* direkt durch ein kombinatorisches, dem bei Oszillatoren angewandten nachgebildetes Verfahren berechnete, während *H. Tetrode*, im engeren Anschluss an die aus Messungen zu gewinnenden Daten, mittels der Betrachtung eines Verdampfungsvorgangs die Differenz der Entropien im dampfförmigen und festen Aggregatzustand bestimmte.

Handelte es sich in den bisher betrachteten Fällen stets um Zustände thermodynamischen Gleichgewichts, für welche also die Messungen nur statistische, auf viele Partikel und längere Zeiträume bezogene Mittelwerte liefern können, so führt die Beobachtung von Elektronenstössen direkt in die dynamischen Einzelheiten der untersuchten Vorgänge ein, und deshalb liefert die von *J. Franck* und *G. Hertz* ausgeführte Bestimmung des sogenannten Resonanzpotentials, oder derjenigen kritischen Geschwindigkeit, welche ein Elektron mindestens besitzen muss, um durch seinen Stoss gegen ein neutrales Atom dieses zur Emission eines Lichtquantums zu veranlassen, eine Methode zur Messung des Wirkungsquantums, wie man sie sich direkter nicht wünschen kann. Auch für das Röntgenspektrum lassen sich nach den Versuchen von *D. L. Webster*, *E. Wagner* u. a. entsprechende Methoden ausbilden, welche zu ganz übereinstimmenden Resultaten führen.

Der Erzeugung von Lichtquanten durch Elektronenstösse steht als umgekehrter Vorgang gegenüber die Elektronenemission durch Bestrahlung mit Licht-, Röntgen- oder γ-Strahlen, und auch hier wieder spielen die durch das Wirkungsquantum und durch die Schwingungsfrequenz bedingten Energiequanten eine charakteristische Rolle, wie sich schon frühzeitig an der auffallenden Tatsache zu erkennen gab, dass die Geschwindigkeit der emittierten Elektronen nicht etwa von der Intensität der Bestrahlung, sondern nur von der Farbe des auffallenden Lichtes abhängt. Aber auch in quantitativer Hinsicht haben sich die oben angedeuteten *Einstein*'schen Beziehungen zum Lichtquantum nach jeder Richtung bewährt, wie besonders *R. A. Millikan* durch Messung der Austrittsgeschwindigkeiten emittierter Elektronen festgestellt hat, während die Bedeutung des Lichtquantums für die Einleitung photochemischer Reaktionen von *E. Warburg* aufgedeckt wurde.

Wenn schon die bisher von mir angeführten, den verschiedenartigsten Gebieten der Physik entnommenen Erfahrungen zusammengenommen ein

erdrückendes Beweismaterial zugunsten der Existenz des Wirkungsquantums darstellen, so erhielt die Quantenhypothese doch ihr allerstärkstes Fundament durch die Begründung und Ausbildung der Atomtheorie von *Nels Bohr*. Denn dieser Theorie war es beschieden, in dem Wirkungsquantum den lange gesuchten Schlüssel zu entdecken zur Eingangspforte in das Wunderland der Spektroskopie, welche seit der Entdeckung der Spektralanalyse allen Öffnungsversuchen hartnäckig getrotzt hatte; und nachdem der Weg einmal freigelegt war, ergoss sich in jähem Schwall ein Strom neugewonnener Erkenntnis über dieses ganze Gebiet nebst den Nachbargebieten der Physik und der Chemie. Die erste glänzende Errungenschaft war die Ableitung der *Balmer*schen Serienformel für Wasserstoff und Helium, einschliesslich der Zurückführung der universellen *Rydberg*schen Konstanten auf lauter bekannte Zahlengrössen, wobei sogar deren kleine Verschiedenheit bei Wasserstoff und bei Helium als notwendig bedingt durch die schwache Bewegung des schweren Atomkerns erkannt wurde. Daran schloss sich die Erforschung anderer Serien im optischen und im Röntgenspektrum an der Hand des überaus fruchtbaren, erst jetzt in seiner fundamentalen Bedeutung klargestellten *Ritz*'schen Kombinationsprinzips.

Wer aber angesichts dieser zahlenmässigen Übereinstimmungen, die bei der besonderen Genauigkeit spektroskopischer Messungen auch besonders schlagende Beweiskraft beanspruchen durften, immer noch sich geneigt gefühlt hätte, an ein Spiel des Zufalls zu glauben, der wäre schliesslich doch gezwungen gewesen, den letzten Zweifel fallen zu lassen, als *A. Sommerfeld* zeigte, dass aus einer sinngemässen Erweiterung der Gesetze der Quantenteilung auf Systeme mit mehreren Freiheitsgraden und aus der Berücksichtigung der von der Relativitätstheorie geforderten Veränderlichkeit der trägen Masse jene Zauberformel hervorgeht, vor welcher das Wasserstoff- wie auch das Heliumspektrum die Rätsel ihrer Feinstruktur entschleiern mussten, soweit das überhaupt durch die feinsten gegenwärtig möglichen Messungen, diejenigen von *F. Paschen*, festzustellen war — eine Leistung, vollkommen ebenbürtig der berühmten Entdeckung des Planeten Neptun, dessen Dasein und Bahnelemente von *Leverrier* berechnet waren, ehe noch ein menschliches Auge ihn erblickt hatte. Auf demselben Wege weiter fortschreitend gelangte *P. Epstein* zur vollständigen Erklärung des *Stark*-Effektes der elektrischen Aufspaltung der Spektrallinien, *P. Debye* zu einer einfachen Deutung der von *Manne Siegbahn* durchforschten K-Serie des Röntgenspektrums, und nun folgte eine grosse Reihe weiterer Untersuchungen,

welche in die dunklen Geheimnisse des Aufbaus der Atome mehr oder minder erfolgreich hineinleuchteten.

Nach allen diesen Resultaten, zu deren vollständiger Darstellung noch mancher klangvolle Name hier notwendig hätte herangezogen werden müssen, bleibt für einen Beurteiler, der nicht geradezu an den Tatsachen vorübergehen will, kein anderer Entschluss übrig als der, dem Wirkungsquantum, welches sich bei jedem einzelnen in der bunten Schar verschiedenartigster Vorgänge immer wieder als die nämliche Grösse, nämlich etwa zu $6{,}52 \cdot 10^{-27}$ erg. sec ergeben hat, das volle Bürgerrecht in dem System der universellen physikalischen Konstanten zuzuschreiben. Es muss wohl als ein seltsames Zusammentreffen erscheinen, dass gerade in der nämlichen Zeit, da der Gedanke der allgemeinen Relativität sich freie Bahn gebrochen hat und zu unerhörten Erfolgen fortgeschritten ist, die Natur gerade an einer Stelle, wo man sich dessen am allerwenigsten versehen konnte, ein Absolutes geoffenbart hat, ein tatsächlich unveränderliches Einheitsmass, mittels dessen sich die in einem Raumzeitelement enthaltene Wirkungsgrösse durch eine ganz bestimmte von Willkür freie Zahl darstellen lässt und damit ihres bisherigen relativen Charakters entkleidet wird.

Freilich ist mit der Einführung des Wirkungsquantums noch keine wirkliche Quantentheorie geschaffen. Ja, vielleicht ist der Weg, den die Forschung bis dahin noch zurückzulegen hat, nicht weniger weit als die von der Entdeckung der Lichtgeschwindigkeit durch *Olaf Römer* bis zur Begründung der *Maxwell*schen Lichttheorie. Die Schwierigkeiten, welche sich der Einführung des Wirkungsquantums in die wohlbewährte klassische Theorie gleich von Anfang an entgegengestellt haben, sind schon oben von mir berührt worden. Sie haben sich im Lauf der Jahre eher gesteigert als verringert, und wenn auch in der Zwischenzeit die ungestüm vorwärts drängende Forschung über einige derselben einstweilen zur Tagesordnung übergegangen ist, so berühren die zurückgelassenen, einer nachträglichen Ergänzung harrenden Lücken den gewissenhaften Systematiker umso empfindlicher. Was namentlich in der *Bohr*schen Theorie dem Aufbau der Wirkungsgesetze als Grundlage dient, setzt sich zusammen aus gewissen Hypothesen, die noch vor einem Menschenalter von jedem Physiker ohne Zweifel glatt abgelehnt worden wären. Dass im Atom gewisse ganz bestimmte, quantenmässig ausgezeichnete Bahnen eine besondere Rolle spielen, mochte noch als annehmbar hingenommen werden, weniger leicht schon, dass die in diesen Bahnen mit bestimmter Beschleunigung kreisenden Elektronen gar keine Energie ausstrahlen. Dass aber die ganz scharf ausgeprägte

Frequenz eines emittierten Lichtquantums verschieden sein soll von der Frequenz der emittierenden Elektronen, musste von einem Theoretiker, der in der klassischen Schule aufgewachsen ist, im ersten Augenblick als eine ungeheuerliche und für das Vorstellungsvermögen fast unerträgliche Zumutung empfunden werden.

Aber Zahlen entscheiden, und die Folge davon ist, dass sich jetzt die Rollen gegen früher allmählich vertauscht haben. Während es sich anfangs darum handelte, ein neues fremdartiges Element einem allgemein als fest anerkannten Rahmen mit mehr oder minder gelindem Zwang anzupassen, ist nunmehr der Eindringling, nachdem er sich einen gesicherten Platz erobert hat, seinerseits zur Offensive übergegangen, und es steht heute schon fest, dass er den alten Rahmen in irgend einer Weise auseinandersprengen wird. Fraglich ist nur noch, an welcher Stelle und bis zu welchem Grade ihm das gelingen wird. Wenn es gestattet ist, schon heute eine Mutmassung über den zu erwartenden Ausgang dieses heissen Ringens zu äussern, so scheint alles dafür zu sprechen, dass aus der klassischen Theorie die grossen Prinzipien der Thermodynamik auch in der Quantentheorie ihren zentralen Platz nicht nur unangetastet behaupten, sondern sogar entsprechend erweitern werden. Was bei der Begründung der klassischen Thermodynamik die Gedankenexperimente bedeuteten, das bedeutet einstweilen in der Quantentheorie die Adiabatenhypothese von *P. Ehrenfest*, und wie *R. Clausius* als Ausgangspunkt für die Messung der Entropie den Grundsatz einführte, dass zwei beliebige Zustände eines materiellen Systems bei passender Behandlung durch reversible Prozesse ineinander übergeführt werden können, so eröffnen uns die neuen Ideen von *Bohr* einen ganz entsprechenden Weg in das Innere des von ihm erschlossenen Wunderlandes.

Im Einzelnen ist es besonders eine Frage, von deren erschöpfender Beantwortung wir nach meiner Meinung eine weitgehende Aufklärung erwarten dürfen. Was wird aus der Energie eines Lichtquantums nach vollendeter Emission? Breitet sie sich bei ihrer weiteren Fortpflanzung im Sinne der *Huygens*schen Wellentheorie nach verschiedenen Richtungen aus, indem sie einen stets grösseren Raum einnimmt, in endlos fortschreitender Verdünnung? Oder fliegt sie im Sinne der *Newton*schen Emanationstheorie wie ein Projektil in einer einzigen Richtung weiter? Im ersteren Falle würde das Quantum niemals mehr imstande sein, seine Energie auf eine einzige Raumstelle so stark zu konzentrieren, dass sie dort ein Elektron aus seinem Atomverband lösen kann, im zweiten Fall würde der Haupttriumph der *Maxwell-*

schen Theorie: die Kontinuität zwischen dem statischen und dem dynamischen Felde und mit ihr das bisherige volle Verständnis für die bis in die feinsten Einzelheiten durchforschten Interferenzphänomene geopfert werden müssen — beides für den heutigen Theoretiker sehr unerfreuliche Konsequenzen.

Sei dem aber wie immer: In jedem Falle kann darüber kein Zweifel bestehen, dass die Wissenschaft einmal auch dieses schwere Dilemma bemeistern wird, und dass dasjenige, was uns heute unbefriedigend erscheint, dereinst von einer höheren Warte aus gerade als das durch besondere Harmonie und Einfachheit Ausgezeichnete angesehen werden wird. Bis zur Erreichung dieses Zieles aber wird das Problem des Wirkungsquantums nicht aufhören, die Forschung immer von neuem anzuregen und zu befruchten, und je grössere Schwierigkeiten sich seiner Lösung entgegenstellen, umso bedeutsamer wird sie sich schliesslich erweisen für die Ausbreitung und Vertiefung unserer gesamten physikalischen Erkenntnis.

ÄNDERUNGEN DER STRUKTUR UND DES SPEKTRUMS CHEMISCHER ATOME.

Nobel-Vortrag, gehalten vor der Königl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm am 3 Juni 1920

von

J. STARK.

Die Frage nach der Zusammensetzung der wahrnehmbaren Körper hat bereits den griechischen Geist beschäftigt. In philosophischer Spekulation bildete er den Begriff des unteilbaren Körperchens, des Atoms, als des kleinsten Bausteins der wahrnehmbaren Körper. Indes kam er über diese Hypothese nicht hinaus, er machte sie nicht fruchtbar in experimenteller Forschung.

Anders der germanische Geist. Er ging aus von der Erfahrung der chemischen Bearbeitung der Stoffe, er stellte das Vorkommen einer Reihe von nicht weiter zerlegbaren Grundstoffen oder chemischen Elementen fest und schuf die Hypothese, dass ein chemisches Element aus gleichartigen Individuen oder Atomen bestehe, welche die Eigenart des Elements an sich tragen und mit Hilfe chemischer Methoden sich weder weiter teilen noch von einander unterscheiden lassen.

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts geriet dieser Begriff des chemischen Atoms in eine gewisse Erstarrung. Seine Bewährung in tausendfältigen chemischen Versuchen verleitete zu dem Glauben, dass das chemische Atom nicht bloss mit den bekannten chemischen Methoden nicht in weitere Teile zerlegt werden könne, sondern überhaupt und absolut unteilbar sei. Dazu liess der Reichtum der chemischen Verbindungen und ihre Bedeutung für das praktische Leben den Chemiker nicht zu der Untersuchung der Frage kommen, worin denn die Eigenart der Atome verschiedener chemischer Elemente bestehe.

Aus dieser Erstarrung wurde der Begriff des chemischen Atoms in den letzten drei Jahrzehnten durch die Erfahrungen der Physik erlöst. Die

Entdeckung mehrerer Erscheinungen führte zu der Erkenntnis, dass das chemische Atom ein Individuum darstellt, welches selbst wieder aus mehreren Einheiten zu einem in sich geschlossenen Ganzen zusammengesetzt ist.

An der Spitze dieser neuen Entdeckungen und Erkenntnisse stehen die Feststellungen, dass die Elektrizität aus gleich grossen getrennten Atomen oder Quanten besteht, und dass das Licht eine elektromagnetische Wellenbewegung ist. Hieraus war zu folgern, dass in dem Verband eines chemischen Atoms einzelne getrennte elektrische Quanten vorkommen müssen. Denn die chemischen Atome senden unter gewissen Bedingungen Lichtwellen von bestimmter Länge oder Schwingungszahl, ihre bekannten charakteristischen Spektren, aus, und diese können als elektromagnetische Wellen lediglich von beschleunigten elektrischen Quanten kommen.

Von grundlegender Bedeutung wurde weiter die Entdeckung des negativen Elektrons als eines Bestandteils des chemischen Atoms. In den Kathodenstrahlen lernte der Physiker freie, für sich allein bewegte negative elektrische Quanten kennen, deren Masse kleiner ist als ein Tausendstel der Masse des Wasserstoffatoms. In dem Vorgang der Ionisierung erkannte er die Abtrennung solcher negativer Quanten oder Elektronen von chemischen Atomen. In der Beeinflussung der Spektrallinien chemischer Elemente durch ein magnetisches Feld konnten Zeeman und Lorentz das negative Elektron auch in seiner Gebundenheit im Atomganzen als dessen Bestandteil nachweisen.

Und wie noch nie in der Geschichte zog die Natur in den letzten drei Jahrzehnten grosser physikalischer Entdeckungen noch von einem dritten ungeahnten Geheimnis den Schleier vor dem Auge des Physikers hinweg. Die Entdeckung und Erforschung der Radioaktivität erhellte selbst für den Zweifelsüchtigsten sowohl die Trennbarkeit der Teile eines Atoms, wie die chemische und physikalische Individualität eines chemischen Atoms, insonderheit des Mutteratoms sowie der aus seinem Zerfall entstehenden Tochteratome.

In der Erkenntnis von der Zusammensetzung des chemischen Atoms aus einzelnen trennbaren elektrischen Quanten ist der Mensch ein weites Stück in der Erforschung der Natur vorwärts gekommen. Indes dieser Fortschritt hat ihn vor eine neue, noch grössere Aufgabe gestellt, vor das Problem der Atomstruktur. Wieviele elektrische Quanten kommen in dem Atom eines chemischen Elements vor? Welches sind ihre Kraftfelder, ihre wechselseitigen Abstände, ihre Bewegungen? Welche Kräfte werden an ihnen geweckt, wenn sie durch einen Eingriff von aussen her aus ihrem Gleichgewichtszustand verschoben werden?

Vor diesen Fragen der Atomstruktur stehen wir seit anderthalb Jahrzehnten. Es ist unwahrscheinlich, dass es der Spekulation gelingen wird, in kühner Vision mit einem Schlage die Antwort auf alle Fragen der Atomstruktur zu erraten. Wahrscheinlicher ist, dass mehr als ein Jahrhundert darüber vergehen wird, bis wir die Struktur der chemischen Atome ebenso genau kennen, wie unser Sonnensystem. Der Weg zu diesem Ziele wird wie bisher durch die Schwierigkeiten und Überraschungen der experimentellen Forschung führen. Zahlreiche Forscher haben an der Lösung der grossen Aufgabe zu arbeiten; sie haben alle diejenigen Erscheinungen aufzusuchen und auszumessen, in welchen die Atomstruktur unmittelbar zum Ausdruck kommt.

In diesem Sinne habe ich mir seit etwa zwanzig Jahren die besondere Aufgabe gestellt, den Zusammenhang zwischen der Änderung der Struktur und der Änderung der Spektren chemischer Atome experimentell zu erforschen. Zunächst kann man zwei Fragen in dieser Hinsicht aufwerfen.

Die erste von ihnen knüpft sich an die Erscheinung der Änderung der Struktur der Atomoberfläche. Um alle Möglichkeiten in dieser Hinsicht uns klar zu machen, wollen wir von dem einzelnen Atom ausgehen, dessen Teile sich alle in wechselseitigem Gleichgewicht befinden. Die Erfahrung lehrt, dass durch den Stoss eines elektrischen Strahles von der Oberfläche eines Atoms ein Elektron, unter Umständen ein zweites oder drittes Elektron abgetrennt werden kann. Es tritt dann an die Stelle der Struktur des neutralen Atoms die Struktur des zurückbleibenden ein-, zwei- oder dreiwertigen Atomions. Wir fragen uns: Welches sind die zwei Spektren, welche zu den zwei Atomstrukturen, neutralem Atom und positivem Atomion, gehören? Und diese Frage können wir durch die zweite Frage ergänzen: Kommt bei der Umwandlung des positiven Atomions in ein neutrales Atom ein besonderes Spektrum zur Emission?

Auf diese Frage hatte ich nach Einfühlung in alle bis dahin bekannten Beobachtungen zunächst in der Form von Arbeitshypothesen bestimmte Antworten gegeben, um bestimmte Versuchsanordnungen für ihre experimentelle Prüfung ausdenken zu können.

Die erste Antwort lautete: Den Strukturen der positiven Atomionen eines chemischen Elements sind seine Serienspektren eigentümlich, die vor allem im Lichtbogen und Funken erscheinen und deren Linien, wie am erfolgreichsten Rydberg gezeigt hat, in Formeln mit der Reihe aufeinanderfolgender ganzer Zahlen als Variablen zusammengefasst werden können.

Die zweite Hypothese lautete: Während der Anlagerung negativer

Elektronen an die positiven Atomionen eines chemischen Elements werden dessen linienreiche Bandenspektren emittiert, indem auf den zahlreichen verschiedenen Anlagerungsbahnen die potentielle Energie nach Vielfachen des Planckschen Quantenbetrags emittiert wird.

Diese beiden Arbeitshypothesen haben ein verschiedenes Schicksal gehabt. Die zweite habe ich nicht lange nach ihrer Aufstellung als falsch erkannt, auch hat sie keine experimentellen Früchte getragen. Indes ist ihr Kern theoretisch ausserordentlich fruchtbar geworden, nämlich die Annahme, dass durch ein auf verschiedenen Bahnen um eine positive Ladung laufendes Elektron Energie gemäss dem Planck'schen Quantensatz emittiert werde. Diese Annahme bildet den Ausgangspunkt der Bohrschen Theorie der Emission von Serienlinien. Trotzdem ich selbst einmal auf dem Ausgangspunkt dieser Theorie stand, und trotzdem ihre Endformeln eine Reihe von Frequenzbeziehungen in den Serienspektren in guter Übereinstimmung mit der Beobachtung wiedergeben, vermag ich nicht an sie zu glauben, weil sie in ihren Voraussetzungen Postulierungen enthält, welche nicht allein der Maxwellschen Theorie, sondern sogar dem Geiste der Physik widersprechen. Diese Kritik richtet sich nicht gegen das Plancksche Wirkungsquantum, sondern gegen die mit ihm von Bohr verknüpften Hypothesen.

Doch zurück zur Hypothese, dass die positiven Atomionen die Träger der Serienspektren seien! Bald nach ihrer Aufstellung konnte ich sie durch folgende Überlegung experimentell fruchtbar machen.

Indem man die positiven Atomionen ein elektrisches Feld durchfallen lässt und ihnen so eine Geschwindigkeit erteilt, kann man sie durch diese vor den neutralen ruhenden Atomen auszeichnen. Und kann man diese Geschwindigkeit an den von ihnen emittierten Spektrallinien nachweisen, so schliesst dieser Nachweis die Zuordnung der bewegten Atomionen als Träger zu den bewegten Spektrallinien in sich. Der Nachweis der Bewegung der Träger von Spektrallinien lässt sich auf Grund des Dopplerschen Prinzips führen.

Wir können nämlich das Strahlenbündel der bewegten positiven Atomionen erstens senkrecht zur Achse stellen, in welcher wir die von ihnen emittierten Spektrallinien sehen. Dann erscheinen diese an ihrem normalen Orte im Spektrum, wo sie liegen, wenn ihre Träger ruhen. Zweitens können wir das Bündel positiver Atomionen in der Sehachse auf uns zulaufen lassen, dann erscheinen uns die von ihnen emittierten Spektrallinien aus ihrer normalen Lage nach der Seite kleinerer Wellenlängen um einen Betrag verschoben, welcher proportional der Geschwindigkeit der Linienträger ist. Und lassen

wir diese drittens in der Sehachse von uns fortlaufen, so erscheinen ihre Spektrallinien aus ihrer normalen Lage nach der entgegengesetzten Seite verschoben.

Im Jahre 1905 ging ich daran, die eben angestellte Überlegung experimentell zu prüfen. Nach dem damaligen Stande der Forschung hatte man in den Kanalstrahlen, welche auf die Kathode des Glimmstromes zulaufen und aus Kanälen in ihr auf ihrer Rückseite austreten, positive Atomionen zu erblicken. Ich richtete somit die Achse des Spaltrohres meines Spektrographen einmal senkrecht auf die Achse eines Wasserstoff-Kanalstrahlenbündels, das andere Mal liess ich die Kanalstrahlen in der Achse des Spaltrohres auf dieses zulaufen. Beim Vergleich der zwei so erhaltenen Spektrogramme erschien der gesuchte Doppler-Effekt an den Serienlinien des Wasserstoffs, und das gleiche Resultat wurdes päter an den Serienlinien zahlreicher anderer chemischer Elemente erhalten.

Somit erschien Anfang 1906 erwiesen, dass die Träger der Serienspektren der chemischen Elemente ihre positiven Atomionen sind. Diese Deutung meiner Beobachtungen wurde freilich bald in Frage gestellt. Wie nämlich besonders W. Wien und J. J. Thomson zeigten, enthalten die Kanalstrahlen neben positiven Atomionstrahlen in der Regel auch neutrale Strahlen, sodass es unentschieden erscheinen musste, ob diesen oder jenen die Serienlinien mit Doppler-Effekt zuzuordnen seien. Indes wurden später Fälle bekannt, in denen Kanalstrahlen, welche nur positive Atomionen enthielten, den Doppler-Effekt an den von ihnen emittierten Spektrallinien zeigten. Wenn ich auch heute noch in den positiven Atomionen der chemischen Elemente die Träger ihrer Serienspektren sehe, so fasse ich diesen Begriff allerdings nicht so eng mehr wie früher, als ich nur an die elektrischfreien positiven Atomionen dachte, welche dank ihrer positiven Gesamtladung vom elektrischen Feld beschleunigt werden. Vielmehr können nach meiner jetzigen Ansicht die Serienlinien ausserdem auch noch von dem elektrisch unfreien positiven Atomion emittiert werden, an das bereits ein negatives Elektron sich anzulagern begonnen hat; nur darf das Elektron dem Atomion noch nicht soweit sich genähert haben, dass dessen Emission bereits empfindlich von dem elektrischen Feld des Elektrons gestört wird.

In diesem Zusammenhang mag das ultraviolette kontinuierliche Spektrum des Wasserstoffs erwähnt sein. Ich vermutete, dass ein kontinuierliches Spektrum zur Emission komme, wenn bei der Anlagerung des negativen Elektrons an das positive Wasserstoffatomion die Annäherung bereits so weit gediehen ist, dass die Emission der Serienlinien empfindlich gestört

wird. Ich suchte darum ein kontinuierliches Spektrum an den Wasserstoff-Kanalstrahlen und fand es auch.

Seit der Auffindung des Doppler-Effektes an Kanalstrahlen ist eine grosse Zahl von Untersuchungen über diese Erscheinung angestellt worden. Es seien folgende Ergebnisse aus ihnen kurz angeführt.

Die Serienspektren haben durchweg einzelne Atome, nicht Verbindungen von Atomen als Träger. Die Spektren der höherwertigen Atomionen sind von den Spektren der niedrigerwertigen Atomionen desselben Elements verschieden.

Die Bandenspektren, z. B. diejenigen von Wasserstoff und Stickstoff, zeigen den Kanalstrahlen-Doppler-Effekt in der Regel nicht. Da ich ihre Träger einerseits in den positiven mehratomigen Molekülionen vermutete, da andererseits auch positive Molekülionen als Kanalstrahlen bei niedrigem Drucke vorkommen, so erklärte ich das Fehlen des Doppler-Effektes bei den Bandenlinien daraus, dass bei der Anregung der Lichtemission durch die Zusammenstösse die mehratomigen Molekülionen nach kurzer Lebensdauer dissoziiert werden. Bei kleiner Geschwindigkeit und niedrigem Druck lässt diese Auffassung auch bei den Bandenlinien den Kanalstrahlen-Doppler-Effekt als möglich erscheinen. In der Tat ist sein Nachweis bei den negativen Stickstoffbanden Herrn Rau im Würzburger physikalischen Institut kürzlich gelungen. Und alle seine Beobachtungen führen zu dem Schluss, dass jene Banden das positive zweiatomige Stickstoff- Molekülion als Träger haben.

Die Mitteilung dieses neuen Fortschrittes lässt erkennen, dass die Erforschung des Kanalstrahlen-Doppler-Effektes noch nicht abgeschlossen ist, die Fragen nach den Trägern der verschiedenen Spektren der chemischen Elemente noch nicht endgültig beantwortet sind.

Hat der Experimentalphysiker auf diesem Gebiete schon viele Arbeit geleistet, so steht der Theoretiker noch ganz im Anfang der Verwertung des experimentellen Materials zu Schlüssen auf die Atomstruktur. Zwar ist festgestellt, dass die Überführung der Struktur des neutralen Atoms in die Struktur des Ions die Schwingungen der im Verband bleibenden elektrischen Quanten grundlegend ändert. Welche Schlüsse indes hieraus auf die Strukturen des neutralen Atoms und des Ions zu ziehen sind, ist bis jetzt eine unbeantwortete Frage.

Die Fortnahme eines Elektrons aus der Oberfläche eines Atoms, also dessen Ionisierung, bedeutet jedenfalls für seine Oberflächenschicht eine tiefgreifende Strukturänderung. Dass sie von einer ebenso tief greifenden Änderung des Spektrums der Oberflächenschicht begleitet ist, war von

vornherein zu erwarten. Anders liegen die Dinge bei der zweiten Art von Strukturänderung, welche ich zum Gegenstand der experimentellen Untersuchung machte.

Halten wir uns vor Augen, dass das chemische Atom ein individuell in sich geschlossener Bau aus positiven und negativen elektrischen Quanten ist! Wenn wir von aussen her an ihn heran und durch ihn hindurch ein elektrisches Feld legen, so fasst dieses sowohl die positiven wie die negativen Quanten des Atoms und schiebt die Einen nach der einen, die Andern nach der andern Seite. Zwar findet die Verschiebung bald ihr Ende an den von ihr geweckten entgegengesetzten Kräften zwischen den gegeneinander verschobenen Quanten, aber es bleibt die Verschiebung bestehen, und sie bedeutet eine Deformation, eine Änderung der Atomstruktur im Vergleich zu ihrer Form ohne das äussere elektrische Feld. Und es erhebt sich die Frage, ob diese Art von Änderung der Atomstruktur, diese Deformation durch das elektrische Feld, in einer Änderung des Spektrums des Atoms sich kundgiebt. Damit ist mit anderen Worten die Frage nach einem Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien aufgeworfen.

Zu der Zeit, als ich mir diese Frage stellte, hatte Voigt bereits eine mathematisch ausgearbeitete Theorie des elektrischen Analogons zum Zeeman-Effekt entwickelt. Das Ergebnis dieser Theorie war nicht ermutigend; denn sie folgerte, dass die Änderung der Schwingungszahl oder Wellenlänge von Spektrallinien durch ein elektrisches Feld unmessbar klein sei. Und dieses Resultat schien durch die Erfolglosigkeit eines mehrjährigen Suchens nach dem fraglichen Effekt bestätigt zu sein.

Ich konnte indes die Voraussetzung der Theorie nicht anerkennen, nämlich die Annahme, dass die Emission einer Spektrallinie seitens eines Atoms nur die Angelegenheit eines einzigen, für sich allein bewegten Elektrons am Atom sei. Vor meinem Auge stand der Bau des ganzen Atoms als eines in allen seinen Teilen zusammenhängenden Individuums, und die Emission einer Spektrallinie erschien mir als das Ergebnis des Zusammenhanges und des Zusammenwirkens mehrerer elektrischer Quanten. So erwartete ich mir von der Änderung der Atomstruktur durch ein äusseres elektrisches Feld auch eine Änderung des Spektrums der Atomstruktur. Und meine Aufgabe suchte ich nur in der Herstellung eines starken elektrischen Feldes in einem leuchtenden Gas. Dies erreichte ich, indem ich Kanalstrahlen hinter der Kathode, durch deren Kanäle sie laufen, in einem starken elektrischen Feld zwischen der Kathode und einer zweiten ihr gegenübergestellten Hilfselektrode verlaufen liess.

Gleich meine erste Aufnahme an Kanalstrahlen in Wasserstoff und Helium lieferte den Effekt des elektrischen Feldes auf eine Reihe von Spektrallinien und liess den Erscheinungsreichtum des neu erschlossenen Gebietes ahnen. Und auch in diesem Falle zeigte sich wieder, wie viel reicher und eigenartiger die Schöpfungen der Natur sind als die Gedanken des Menschen. Für den Fall, dass die Achse, in welcher der Beobachter nach dem leuchtenden elektrischen Feld sieht, senkrecht zur Feldachse steht, hatte die Theorie vorausgesagt, dass eine jede Spektrallinie durch das elektrische Feld in zwei Komponenten zerlegt werde, die beide gegenüber der normalen Linie nach grösseren Wellenlängen verschoben erscheinen, und von denen die eine parallel, die andere senkrecht zum Feld schwingt. Wie anders die Wirklichkeit! Z. B. die rote Wasserstofflinie wird symmetrisch zur normalen Linie in 9 Komponenten zerlegt, 6 von ihnen schwingen elektrisch parallel, 3 senkrecht zum Feld.

Seit der Auffindung des Effektes des elektrischen Feldes auf Spektrallinien im Jahre 1913 ist bereits eine grosse Zahl von Untersuchungen über ihn erschiene. Ihr allgemeinstes und wichtigstes Resultat ist, dass sich in der Art und Grösse des Effektes auf entsprechende Serien verschiedener Elemente die Besonderheiten der Atomstruktur, zum mindesten der Oberflächenstruktur, weitgehend ausdrücken. So sind die Effekte auf die Wasserstoffserie, auf die Serien des einwertigen und des zweiwertigen positiven Helium-Atomions, auf die Serien des Lithiums, des Quecksilbers, des Aluminiums in charakteristischer Weise von einander verschieden.

Im Einzelnen dürfen noch folgende Resultate Interesse beanspruchen.

Entlang einer von grösseren nach kleineren Wellenlängen laufenden Serie von Linien nimmt der Effekt des elektrischen Feldes mit steigender Gliednummer, also abnehmender Wellenlänge, zu.

Das Verhältnis der Intensitäten verschiedener Serien innerhalb eines Seriensystems ist bei mehreren Elementen abhängig von der Stärke des deformierenden elektrischen Feldes. So können unter dessen Wirkung neue Serien sichtbar werden, welche ausserhalb des elektrischen Feldes keine merkliche Intensität besitzen.

Diejenige Verbreiterung und Verschiebung von Spektrallinien, welche eine Erhöhung des Gasdruckes oder der Ionendichte begleitet, rührt her von dem Effekt der elektrischen Felder der einzelnen Atome auf benachbarte lichtemittierende Atome. In Zusammenhang hiermit steht die vielversprechende Idee Habers, die heterogene Katalyse an festen Oberflächen auf die

Deformation von Molekülstrukturen durch die molekularen elektrischen Felde zurückzuführen. Vielleicht wird der spektralanalytische Nachweis solcher elektrischer Felder gelingen.

Doch kehren wir von diesen Einzelheiten wieder zurück zum Problem der Atomstruktur! Wir haben uns zu fragen, ob aus den Wirkungen des elektrischen Feldes auf Serienlinien ein Schluss auf die Atomstruktur oder wenigstens auf den Vorgang der Emission von Serienlinien zu ziehen ist. Da haben nun Bohr und Epstein eine Theorie des betrachteten Effektes entwickelt, welche wenigstens für die Serien des einwertigen Wasserstoffatomions und des zweiwertigen Heliumatomions oder vielmehr für das an diese Ionen sich anlagernde Elektron die Zahl und den Abstand der Linien-Komponenten im elektrischen Feld erstaunlich genau übereinstimmend mit der Beobachtung wiedergibt. Diese Übereinstimmung bedeutet eine starke Stütze für Bohrs Theorie der Emission von Spektrallinien und somit auch für seine von Rutherford herrührende Voraussetzung über die Struktur des Wasserstoff- und Helium-Atoms.

Trotz meiner Wertschätzung dieser Leistung der Theorie vermag ich sie nicht als endgültig anzuerkennen; abgesehen davon, dass mir der Glaube an einige ihrer Voraussetzungen fehlt, gibt sie die Erfahrung nicht restlos wieder. Ratlos steht sie folgender Beobachtung gegenüber, welche mir für die Erforschung der Atomstruktur sehr wichtig erscheint.

Ein Bündel von leuchtenden Wasserstoff-Kanalstrahlen hat dank seiner Geschwindigkeit genau so eine Richtung wie das elektrische Feld, in welchem man es verlaufen lassen kann. Stellt man die Achse des Bündels senkrecht zur Feldachse, so sind die Intensitäten der Komponenten einer jeden zerlegten Linie ebenso symmetrisch zur normalen Linie wie ihre Abstände rechts und links von ihr. Stellt man dagegen die Richtung des Strahlenbündels in die Richtung des Feldes, so erscheinen diejenigen Komponenten intensiver, welche auf der langwelligen Seite der normalen Linie liegen. Und lässt man die Kanalstrahlen entgegengesetzt zum Feld laufen, so erscheinen umgekehrt die kurzwelligen Linienkomponenten intensiver. Es sieht demnach so aus, als ob das Wasserstoffatom oder dessen Ion im elektrischen Feld längs dessen Achse eine Polarität besässe, also zwei Seiten in dieser Achse habe.

Die Erscheinung ist ebenso merkwürdig wie wichtig. Von ihrer theoretischen Deutung dürfen wir einen Aufschluss über die Struktur des Wasserstoffatoms erwarten. Sie wird vielleicht gelingen, wenn man nicht, wie es bis jetzt geschehen ist, nur die Wirkung auf ein einzelnes Elektron an der

Atomoberfläche in Rechnung setzt, sondern den Zusammenhang der Teile des Atoms in einer individuellen Struktur zum Ausgangspunkt der Schlussfolgerungen aus den Beobachtungen macht.

Mit diesem Hinweis sind wir wieder vor dem Problem der Atomstruktur angekommen. Der Grösse dieses Problems werden wir uns bewusst, wenn wir einen Blick auf den durchschrittenen Weg zurückwerfen. Die Untersuchung der Änderung des Spektrums chemischer Atome infolge der Änderung ihrer Struktur hat eine Reihe neuer Erscheinungen aufgedeckt. Die Fortnahme eines Elektrons aus der Oberfläche eines Atoms oder seine Wiederanlagerung führt zu durchgreifenden Änderungen des Spektrums der schwingfähigen Atomteile, und die Deformation der Atomstruktur durch ein elektrisches Feld drückt sich in einer vielgestaltigen Beeinflussung der Schwingungen der Atomteile aus. So reiche experimentelle Frucht das Feld dieser neuen Erscheinungen bis jetzt auch getragen hat, so vielversprechend auch die Anfänge der Theorie auf ihm erscheinen, so sind die doch nur ein kleiner Teil des grossen Problems, nur zum Teil experimentell und noch weniger theoretisch aufgehellt. Ihre Erforschung kann nur ein Beitrag zur Lösung des grossen Problems der Atomstruktur sein. Dazu wird es noch der Arbeit mehrerer Geschlechter bedürfen. Der Fortschritt von der spekulativen Atomhypothese des griechischen Geistes bis zur Aufdeckung der elektrischen Natur der Atomstruktur durch die germanische Forschung im letzten Jahrhundert mag für das kommende Jahrhundert eine Ermutigung sein und eine Lehre.

NOBEL-VORTRAG

gehalten am 2 Juni 1920 in Stockholm

von

F. Haber.

Hochansehnliche Versammlung!

Die schwedische Akademie der Wissenschaften hat die Darstellung des Ammoniaks aus Stickstoff und Wasserstoff der Ehrung durch Zuerkennung des Nobelpreises wert gefunden. Diese ausserordentliche Auszeichnung legt mir die Pflicht auf, die Stellung zu kennzeichnen, die die Reaktion im Rahmen des Faches einnimmt und den Weg zu schildern, der zu ihr geführt hat.

Es handelt sich um einen chemischen Vorgang der einfachsten Art. Gasförmiger Stickstoff bildet mit gasförmigem Wasserstoff nach einfachen Mengenverhältnissen gasförmiges Ammoniak. Die drei beteiligten Stoffe sind seit mehr als einem Jahrhundert dem Chemiker wohlbekannt. Jeder von ihnen ist in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts, in der uns ein Strom neuer chemischer Kenntnisse zufloss, hundertfältig in seinem Verhalten unter den verschiedensten Bedingungen studiert worden. Wenn es dennoch bis in unser Jahrhundert gedauert hat, ehe die Darstellung des Ammoniaks aus den Elementen gefunden wurde, so ist der Grund, dass ungewöhnliche Arbeitshilfsmittel benutzt und enge Bedingungen innegehalten werden müssen, wenn es gelingen soll, Stickstoff und Wasserstoff in erheblichem Maasse zum freiwilligen Zusammentritt zu bringen, und dass eine Verbindung experimenteller Erfolge mit thermodynamischen Überlegungen erforderlich war. Von besonderem Einfluss war, dass es früheren Bearbeitern der Frage nicht gelang, auch nur spurenweise freiwillige Vereinigung des Stickstoffs mit dem Wasserstoff zu Ammoniak mit Sicherheit nachzuweisen. Dadurch entstand das Vorurteil, dass die Darstellung unmöglich sei und gewann eine grosse Stärke in der allgemeinen Meinung

des Faches. Ein solches Vorurteil lässt verborgene Hindernisse erwarten, die stärker als klar erkannte Schwierigkeiten von der Vertiefung in den Gegenstand abschrecken.

Das Interesse der näheren Fachgenossen an der Ammoniakdarstellung aus den Elementen gründet sich darauf, dass ein einfaches Resultat mit ungewohnten Hilfsmitteln erreicht worden ist. Das Interesse eines weiteren Kreises hat seine Quelle darin, dass die Ammoniak-Synthese aus den Elementen ins Grosse übertragen einen nützlichen, ja vielleicht im Augenblicke den nützlichsten Weg darstellt, um ein wichtiges volkswirtschaftliches Bedürfnis zu befriedigen. Dieser praktische Nutzen war nicht das vorgesteckte Ziel meiner Versuche. Ich war nicht im Zweifel, dass meine Laboratoriumsarbeit nicht mehr liefern konnte als eine wissenschaftliche Feststellung der Grundlagen und eine Kennzeichnung der experimentellen Hilfsmittel, und dass zu diesem Ergebnis vieles hinzukommen musste, um ein wirtschaftliches Gelingen im industriellen Maasse zu sichern. Aber ich würde auf der anderen Seite diesen Gegenstand schwerlich so eingehend studiert haben, wenn ich nicht von der volkswirtschaftlichen Notwendigkeit eines chemischen Fortschrittes auf diesem Gebiete überzeugt und von dem Fichte'schen Gedanken erfüllt gewesen wäre, dass der nächste Zweck der Wissenschaft in ihrer eigenen Entwicklung, der Endzweck aber in dem gestaltenden Einflusse gelegen ist, den sie zu rechter Zeit auf das allgemeine Leben und die ganze menschliche Ordnung der Dinge übt.

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts hat sich die Erkenntnis Bahn gebrochen, dass die Zufuhr des Stickstoffs eine Grundbedingung für die Entwicklung der Nährpflanze ist, dass aber die Pflanze den elementaren Stickstoff, der den Hauptbestandteil der Atmosphäre bildet, nicht aufzunehmen vermag, sondern den Stickstoff an Sauerstoff gebunden als Salpeterstickstoff verlangt, um ihn zu assimilieren. Für die Bindung an Sauerstoff kann die Bindung an Wasserstoff, die Ammoniakbindung eintreten, weil der Ammoniakstickstoff im Boden in Salpeterstickstoff übergeht. Im Naturzustand geht der gebundene Stickstoff dem Boden nicht verloren. Die grünen Pflanzen verwerten ihn zum Aufbau komplizierter Bestandteile, ohne ihn in elementaren Stickstoff zu verwandeln. Tier und Mensch nehmen ihn mit der Pflanze auf, und geben ihn in gebundener Form mit ihren Ausscheidungen und schliesslich mit ihrem toten Körper dem Boden wieder zurück. Fäulnis und Verbrennung zerstören Anteile von gebundenem Stickstoff, aber die Natur deckt den Verlust, indem sie auf der Bahn des Blitzes Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen in den hohen Schichten der Atmosphäre

entstehen lässt, die der Regen herniederwäscht. Zu dieser stickstoffbindenden Wirkung der elektrischen Entladung fügt sie als Quelle gebundenen Stickstoffs die Tätigkeit von Bakterien im Boden, die teils frei leben, teils sich an den Wurzelknöllchen mancher Pflanzen ansiedeln und freien Stickstoff in gebundenen überführen.

Die Agrarwirtschaft lässt das Gleichgewicht an gebundenem Stickstoff im wesentlichen bestehen. Mit dem Übergang zum Industriestaat aber beginnt die Verschleppung der Bodenerzeugnisse vom Wachstumsort der Nährpflanzen zu entlegenen Verbrauchsstätten, von denen der gebundene Stickstoff nicht wieder auf den Mutterboden zurückkehrt, dem er entnommen ist.

Aus dieser Verschleppung entsteht das weltwirtschaftliche Bedürfnis nach Zufuhr gebundenen Stickstoffs zum Boden. Es wird durch die nationalwirtschaftlichen Rücksichten gesteigert, die mit der dichteren Besiedelung in den Industriestaaten die Forderung entstehen lassen, den heimatlichen Acker zu gesteigerter Fruchtbarkeit zu bringen, und es wird weiter dadurch vermehrt, dass die emporwachsende Industrie für viele eigene chemische Zwecke gebundenen Stickstoff in Anspruch nimmt. Der Stickstoffbedarf kennzeichnet wie der Bedarf an Kohle den Abstand, der unsere Lebensform von der des Menschen trennt, der »selbst den Boden düngt, den er bebaut«.

Der Landwirtschaft, die immer der Hauptverbraucher ist, wird mit der Stickstoffzufuhr allein nicht Genüge getan. Kali und Phosphorsäure sind ihr gleich unentbehrlich. Aber für die Befriedigung des Stickstoffbedarfes stand der Weltwirtschaft von Haus aus ein viel geringerer Reichtum natürlicher Vorräte zu Gebote. So wurde naturgemäss die Sorge um den Stickstoff die erste der grossen Klippen, die die neue Fahrstrasse gefährdeten, auf der wir uns in der Weltwirtschaft seit einigen Jahrzehnten bewegen.

Unsere Geschichtsbetrachtung, die gewohnt ist, die historischen Tatsachen aus der unveränderlichen Natur der Menschen zu verstehen, verführt uns gern, über den ungeheuren Einschnitt hinwegzusehen, den das vergangene Jahrhundert in der Geschichte der Menschheit bedeutet. Alle vorangehende Zeit deckte ihren Bedarf an Energie durch die physische Arbeit der Menschen und die Ausnutzung von Wind und Sonne, die älter sind als wir und unsere Lebensbedingungen überdauern werden. Das vorige Jahrhundert hat alle Tore zu dem Energievorrat der Kohle aufgetan und in den Industriestaaten Lebensformen eingebürgert, bei denen die physische Arbeit der Menschen nur das Relais betätigt, das den hundert-

fach stärkeren Strom der Kohlenenergie in die Adern des Weltwirtschaftskörpers steuert. Damit sind technische Notwendigkeiten entstanden, denen wir nur zu leicht mangels einer ausreichenden Entwicklung der Wissenschaft ohne genügende Vorsorge gegenüberstehen. Der augenblickliche Zustand der Welt, bei dem die Nachwirkung des Krieges in Zentraleuropa erdrückend auf der Wissenschaftspflege lastet, legt diese Erinnerung besonders nahe.

Das Bedürfnis nach Erschliessung neuer Stickstoffquellen trat um die Wende des vorigen Jahrhunderts stark hervor. Seit seiner Mitte schöpften wir aus dem Bestand an Salpeterstickstoff, den die Natur in der chilenischen Hochgebirgswüste angesammelt hat. Dann lehrte der Vergleich des gewaltig ansteigenden Bedarfes mit dem abschätzbaren Vorrat, dass um die Mitte unseres Jahrhunderts ein Notstand grossen Stils unvermeidlich war, wenn die Chemie keinen Ausweg fand.

Die chemische Fragestellung war nicht neu. Als man anfing, die Kohle zu destillieren, war man unter den Destillationsprodukten auf das Ammoniak gestossen, das in der Form des schwefelsauren Ammoniaks Eingang in die Landwirtschaft gefunden hatte. Noch im Jahre 1870 ein lästiges Abfallprodukt der Gasbereitung, war das Ammoniak im Jahre 1900 ein hoch gewerteter Begleiter der brennbaren Gase geworden, und die Kokerei-Industrie war in voller Arbeit, um überall ihre Öfen auf seine Nebengewinnung einzurichten. Seine Herkunft aus dem gebundenen Stickstoff der Kohle war geklärt. Die Verbesserung seiner Ausbeute, die kaum mehr als $^1/_5$ vom Stickstoff der Kohle bei dem üblichen Verfahren ausmachte, war vielfach bearbeitet worden. Aber es war auf diesem Wege keine befriedigende Lösung zu erwarten. Bei einem Durchschnittsgehalt der Kohle von ungefähr 1 % an gebundenem Stickstoff konnte man die Kohle nicht allein um des Stickstoffs willen verarbeiten. Seine Gewinnung als Nebenprodukt aber zog der Erzeugung Grenzen, die es unmöglich machten, aus dieser Quelle den künftigen Ausfall des Salpeters zu ersetzen. Es liess sich voraussehen, dass der Bedarf an gebundenem Stickstoff, der beim Beginn des Jahrhunderts mit wenigen 100 000 Tonnen im Jahre zu befriedigen war, in die Millionen von Tonnen hineinwachsen musste. Ein solcher Bedarf konnte nur aus *einer* Quelle gedeckt werden, aus dem ungeheuren Vorrat an elementarem Stickstoff, den unsere Atmosphäre darstellt, und die Bindung musste auf chemischem Wege an die einfachsten und verbreitetsten chemischen Elemente gelingen, wenn die Lösung dem Erfordernis entsprechen sollte. Wie als Ausgangsmaterial der elementare Stickstoff durch die

Rohstoff-Verhältnisse unserer Erde gegeben war, so war als Endprodukt Ammoniak oder Salpetersäure durch die Bedürfnisse der Pflanze vorgeschrieben. Die Aufgabe kam also darauf hinaus, den elementaren Stickstoff an Sauerstoff oder an Wasser zu binden.

Auch in dieser Stellung war das chemische Problem nicht neu und nicht unbearbeitet. Die Vereinigung des Stickstoffs mit dem Wasserstoff zu Ammoniak wie mit dem Sauerstoff zu salpetersaueren Verbindungen hatte die Wissenschaft und zum Teil die Technik beschäftigt.

Die Vereinigung mit dem Wasserstoff unmittelbar aus den Elementen war mit verschiedenen Formen der elektrischen Entladung erzwungen worden, bei denen freilich der Energieaufwand in einem abschreckenden Verhältnis zum Ergebnis stand. Die indirekte Vereinigung hingegen war mit technisch bemerkenswertem Erfolge bearbeitet worden, indem man den Stickstoff mit anderen Elementen vereinigt und diese Vereinigung nachher mit Wasser unter Abspaltung von Ammoniak zerlegt hatte. Nur der freiwillige Zusammentritt der Elemente war unbekannt, als ich 1904 begann, mich mit dem Gegenstande zu beschäftigen, und galt für ausgeschlossen, nachdem man Druck, Wärme und die vermittelnde Wirkung des Platinschwammes ausserstande gefunden hatte, sie hervorzubringen.

Der indirekte Weg hat die Wissenschaft und die Technik immer wieder beschäftigt, seit MARGUERITTE und SOURDEVAL ihn 1860, auf BUNSENS und PLAYFAIRS älteren Untersuchungen fussend, an einem Musterfall entwickelt hatten. Ätzbaryt und Kohle lieferten bei hoher Temperatur mit Stickstoff Cyanbarium. Bei erniedrigter Temperatur zerfiel diese Verbindung mit Wasserdampf unter Bildung von Ammoniak und Entstehung von Bariumhydroxyd, das wieder in den Prozess zurückkehrte. So wurde fortlaufend unter abwechselnder Bildung und Zerstörung des Cyanbariums Kohlensäure und Ammoniak aus Kohlenstoff, Wasser und elementarem Stickstoff gewonnen. In dem halben Jahrhundert, das der Veröffentlichung von MARGUERITTE und SOURDEVAL folgte, ist dieser indirekte Weg, dessen erste technische Durchführung übermässige Anforderungen an die Reaktionsgefässe stellte, in vielen abgewandelten Formen erneut bearbeitet worden. Der Baryt liess sich durch feuerbeständige Oxyde anderer Metalle oder Halbmetalle ersetzen. Der Vorgang der Stickstoffbindung konnte in Teilvorgänge zerlegt werden, indem zunächst durch Reduktion das Metall, Halbmetall oder Metallcarbid hergestellt wurde, das in einer Folgereaktion den Stickstoff aufnahm. Das Ergebnis war als Lösung des Problems der Ammoniakdarstellung niemals vollständig befriedigend. Vollzog sich die Re-

duktion des Oxyds und die Aufnahme des Stickstoffs in einem Vorgang, so verlangte sie eine sehr hohe Temperatur. Spaltete man den Vorgang, so gelangte man zu Zwischenprodukten, die leichter mit Stickstoff in Reaktion traten. Aber das Zwischenprodukt — Metall, Halbmetall oder Carbid — forderte dann für seine eigene Erzeugung aus dem Massenvorrat der Naturprodukte erst recht die Innehaltung von Bedingungen, die einen unwirtschaftlichen Aufwand elektrischer Energie — auf elektrolytischem oder elektrothermischem Wege — nötig machten.

Dem fester gebauten Stickstoffmolekül ist die Leichtigkeit fremd, mit der sich das Folgelement im periodischen System, der Sauerstoff, teilweise aufspaltet. Dem Reichtum der Autoxydations-Erscheinungen steht dementsprechend ein vollständiger Mangel an freiwillig bei gewöhnlicher Temperatur verlaufenden Reaktionen des elementaren Stickstoffs in der unbelebten Natur gegenüber. Die schwere Spaltbarkeit des Stickstoffs brachte alle die vielen Bemühungen zum Scheitern, die der Ausbildung eines technischen Ammoniakverfahrens gewidmet wurden.

Nur an einer Stelle ist man beim Studium des indirekten Weges der Ammoniakbildung aus den Elementen imstande gewesen, die Schwierigkeiten erfolgreich zu umgehen. FRANCK und CARO haben durch Einwirkung des Stickstoffs auf das im Lichtbogen aus Kalk und Kohle entstehende Calciumcarbid das Calciumcyanid, den wichtigen Kalkstickstoff, erhalten. Die Spaltung des Kalkstickstoffs mit Wasser liefert Ammoniak, und diese Spaltung vollzieht sich ohne unser besonderes Zutun in der Ackererde, der der Kalkstickstoff als Düngemittel zugeführt wird. Die darin gelegene Ersparnis technischer Operationen, verbunden mit der Beschränkung der Rohstoffe auf Kalk, Kohle und Stickstoff, ist für die Einbürgerung dieses Verfahrens wichtig geworden.

Die Versuche zur Bindung des Stickstoffs an den Sauerstoff reichen noch weiter zurück als die Versuche zur Bindung an den Wasserstoff. Die Grundtatsache der Vereinigung von Stickstoff und Sauerstoff in Funken hatten schon CAVENDISH und PRIESTLEY beobachtet. Das erste Erzeugnis ist dabei Stickoxyd, das sich in freiwilliger Reaktion mit Sauerstoff und Wasser zu Salpetersäure umwandelt. Die Stickoxydbildung ist ein Vorgang, der unter Wärmeverbrauch verläuft und ohne Zufuhr von Energie nach thermodynamischer Überlegung erst bei den höchsten Temperaturen in merklichem Umfange freiwillig geschehen kann. Aber die bei gewöhnlicher Temperatur notwendige Energiezufuhr ist so klein, dass der Nachteil dieses Energiebedarfs überwogen wird durch den Vorteil, mit Luft und

Wasser als Rohstoffen auszukommen. So würde es kein besseres und wirtschaftlicheres Verfahren geben können, um den Stickstoff zu binden, wenn ein Mechanismus zu finden wäre, der elektrische Energie ohne Verschwendung in diese Gestalt der chemischen Energie zu bringen erlaubte. Das Vorbild der Natur, die die Reaktion auf der Bahn des Blitzes hervorbringt, und Cavendishs frühe erfolgreiche Nachahmung im Funken mussten mit der glänzenden Entwicklung der Elektrotechnik in den letzten Dezennien des vergangenen Jahrhunderts diesen Weg für die Lösung des Stickstoffproblems umso stärker in den Vordergrund rücken, je weniger die Fortschritte auf dem Wege der Bindung des Stickstoffs an den Wasserstoff die Fachwelt befriedigten. Die glänzende Entwicklung, die diese Bestrebungen im Anfang unseres Jahrhunderts genommen haben, ist allgemein bekannt. Die Hauptformen der technischen Gestaltung, die sich besonders an die Namen von BIRKELAND und EYDE, von SCHOENHERR und von PAULING knüpfen, haben jahrelang im Vordergrunde des fachlichen Interesses gestanden. Technisch an einer Reihe von Stellen zu bedeutendem Umfange ausgebaut und offenbar in beachtlichem Maasse geeignet, die Energie mächtiger, gut ausnutzbarer Wasserfälle für chemische Zwecke zu verwerten, hat diese Methode der Stickstoffbildung doch den Umfang nicht erreicht, zu dem sie berufen schien. Als eine Sperre liegt vor ihrer Fortentwicklung die Erfahrung, dass mit dem Aufwande einer Kilowattstunde nicht über 16 g Stickstoff in Salpetersäure überführt werden, während eine vollkommene Umwandlung der elektrischen Energie in chemische Energie den 30-fachen Betrag ergeben muss. Die Erklärung gaben MUTHMANN und HOFER, indem sie dartaten, dass der Hochspannungsbogen, den diese Verfahren verwenden, als ein heisskalter Raum im Sinne DEVILLES wirkt. Die Stickoxydbildung ist durch die thermischen Verhältnisse im Bogen und in seiner Umgebung bestimmt und begrenzt. Die Festlegung des thermodynamischen Gleichgewichtes der Stickoxydbildung durch NERNST stützte diese Anschauung. Eine Extrapolation seiner Versuchsergebnisse und der besten Zahlen für die spezifische Wärme der beteiligten Gase bis auf die Temperatur von 3 000° Cels. oder 4 000° Cels. führte zu dem bemerkenswerten Schluss, dass mehr als das $1^1/_2$-fache oder Doppelte des technischen Ausbringens für die Kilowattstunde auch dann nicht zu erreichen war, wenn alle Rückbildung von Stickoxyd auf dem Abkühlungswege unterblieb. Die Quelle der geringen Ausbeute lag darin, dass die Erhitzung einer grossen Luftmasse auf die höchsten Temperaturen nur einem kleinen Bruchteil die Umbildung in Stickoxyd thermodynamisch ermöglichte. Trotzdem dieser

Rechnung aus verschiedenen Gründen keine erhebliche Genauigkeit beizumessen war, kam ihr Resultat doch der Wahrheit offenbar nahe. Durch Wärmeregeneration war eine bedeutende Energieersparnis nach praktischer Erfahrung nicht erreichbar, offenbar weil die Verschlechterung der Abschreckungswirkung, die damit verbunden war, im Gegensinne wirkte. Von der Bogenentladung loszukommen, war nicht möglich, ohne den Boden der Arbeitsweisen zu verlassen, die dem Bedürfnis der Massenerzeugung entsprachen.

Aber es war vielleicht auch mit Bogenentladung nicht völlig ausgeschlossen, von dem Temperaturgebiet loszukommen, in dem die rasche Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichtes jede günstigere Möglichkeit einer Umwandlung elektrischer Energie in chemische überdeckte. Der Bogen lebte ja von der ständigen Hervorbringung energiereicherer Gebilde, in der Gestalt von Gasionen durch die elektrische Energie des Elektronenstosses, und es war nicht ohne weiteres einleuchtend, dass die nachfolgende Zerstreuung der Energie als Wärme jedes andere als das thermische Ergebnis der Stickoxydbildung ausschloss, zumal WARBURG und LEITHAEUSER nichtthermische Oxydbildung durch stille elektrische Entladung nachgewiesen hatten.

Diese Möglichkeit besass im ersten Dezennium unseres Jahrhunderts viel Interesse und hat mich seit dem Jahre 1907 zu Untersuchungen veranlasst, die während mehrerer Jahre verfolgt wurden. Die Entwicklung der Dinge hat die Anschauungen in einem kurzen Jahrzehnt so verändert, dass es heute bereits schwerfällt, sich in die Auffassungen zurückzuversetzen, die damals herrschten; aber kennzeichnend ist, dass eine so berufene und erfahrene Beurteilerin chemisch-technischer Möglichkeiten wie die Badische Anilin- und Sodafabrik meine Bemühungen um eine bessere Ausnutzung der elektrischen Energie bei der Vereinigung von Stickstoff und Sauerstoff hoch genug bewertete, um im Jahre 1908 mit mir in Verbindung zu treten und mir durch ihre Hilfsmittel die Verfolgung des Gegenstandes zu erleichtern, während sie den Vorschlag, mich auch bei der Hochdrucksynthese des Ammoniaks zu unterstützen, mit aller Zurückhaltung aufnahm und nur zögernd genehmigte. In der Tat hing die Frage, ob der Schwerpunkt der technischen Fortarbeit auf die direkte Darstellung des Ammoniaks aus den Elementen zu legen sei, auch später noch für meine Auffassung wesentlich davon ab, ob der Aufwand von Energie bei der Bindung des Stickstoffs an den Sauerstoff sich erheblich vermindern liess. In den technischen Fragen, in denen die Wage zwischen Erfolg und Misserfolg schwankt, hängt die Entscheidung über das Gelingen oder Scheitern meistens an

mässigen Unterschieden im Energie- und Materialverbrauch, und Änderungen in diesen Werten, die innerhalb einer Zehnerpotenz gelegen sind, entscheiden über den Ausgang.

Deshalb habe ich mit einer Reihe ausgezeichneter Mitarbeiter die Arbeiten über die Stickoxydbildung durch elektrische Entladung längere Zeit verfolgt. Ich habe das Druckgebiet von 12 Atmosphären bis zu 25 mm Quecksilber durchgesucht, den Bogen von der Wandung und von der Anode her gekühlt und den Zusammenhang von Energieverbrauch und Frequenz bis zu etwa 50000 Wechseln pro Sekunde verfolgt. Es wurden Stickoxydkonzentrationen von 10 % in Luft bei vermindertem Druck erreicht, die eine Abweichung vom thermodynamischen Gleichgewicht bedeuteten. Auch konnten Ausbeuten an gebundenem Stickstoff für die aufgewandte Kilowattstunde erreicht werden, die um 10 % bis 15 % den früher erwähnten technischen Wert von 16 g überholten. Aber diese Vorteile waren an sich nicht durchschlagend und wurden zudem durch Arbeitsweisen erzielt, die für die Übersetzung in einen grossen Masstab wenig günstig waren. So führte diese Gruppe von Untersuchungen zu einer Bestärkung der Meinung, dass die Lösung der technischen Aufgabe in der unmittelbaren Vereinigung des Stickstoffs mit dem Wasserstoff zu suchen sei.

Zu demselben Resultat leitete ein Studium der Stickoxydbildung in Druckflammen. Dass die Explosion der brennbaren Gase mit Stickstoff und Sauerstoff zu der Bildung von nitrosen Produkten führt, war seit BUNSEN bekannt. LIVEING und DEWAR hatten die Salpetersäurebildung bei der Wasserstoffflamme unter Druck beschrieben. Es schien mir nötig, auch mit dieser Stickoxydquelle näher vertraut zu werden, bei der die Wärme als Energiequelle unter Bedingungen benutzt wird, die der Industrie besonders geläufig sind. Es lagen Vorschläge vor, die die Explosionsvorgänge zugleich motorisch verwerten und als Quelle der Stickoxydbildung verwenden wollten. Ich habe auf diese Verknüpfung zweier ganz verschiedener Aufgaben keine Hoffnungen gesetzt. Aber die Ausnutzung der Wärme von Flammengasen schien mir mit der Gewinnung von Stickoxyden nicht unvereinbar und einer näheren Untersuchung wert. Sie ist auf die Flammen des Kohlenoxydes, des Wasserstoffs und des Acetylens erstreckt worden. Es ergab sich, dass auf 100 Moleküle der Verbrennungshauptprodukte, Kohlensäure und Wasserstoff, 3 bis 6 Moleküle Salpetersäure erhalten werden konnten. Beim Kohlenoxyd und Wasserstoff bedurfte es dazu des erhöhten Druckes. Das Kohlenoxyd war vor den wasserstoffhaltigen Gasen im Vorteil, weil die Gegenwart des Wasserdampfes in den

heissen Verbrennungsprodukten die Rückbildung des Stickoxydes in die Elemente auf dem Abkühlungswege begünstigte. Bei diesem Gas war das Molekularverhältnis des Stickoxydes zur Kohlensäure mit Luft leicht auf 3 : 100, mit einer sauerstoffreicheren Mischung auf das Doppelte zu bringen. Für die technische Ausführung erwiesen sich diese Werte aber nicht als ein ausreichender Anreiz, das Gewicht, das auf die unmittelbare Vereinigung des Stickstoffs mit dem Wasserstoff fiel, erfuhr dadurch abermals eine Verstärkung.

Der Vereinigung von Stickstoff und Wasserstoff durch stille elektrische Entladung und durch den Funken bin ich nicht nachgegangen. Es schien mir sicher, dass dieser Weg sich nicht als der zweckmässige erweisen würde. In letzter Linie entschied über jeden Weg das Verhältnis des Energieaufwandes zum Ausbringen oder anders gefasst des Kohleverbrauches zum Stickstoffgewinn, wobei ein Aufwand an Wasserkraft gleich dem äquivalenten Aufwand von Kohle zu rechnen war. Nichts aber erschien weniger hoffnungsvoll als der Gedanke, bei der erzwungenen Vereinigung von Stickstoff mit Wasserstoff mit so wenig Energie auszukommen, dass man noch den Aufwand für die Wasserstoffherstellung in Kauf nehmen konnte. Es blieb nur die Möglichkeit, die Bedingungen einer freiwilligen Ammoniakbildung aus den Elementen aufzufinden. Die positive Bildungswärme des Ammoniaks sprach für die Möglichkeit seiner Bildung ohne die Zuhilfenahme elektrischer Energie. Dagegen sprach, dass weder DEVILLE noch RAMSAY und YOUNG aus Stickstoff und Wasserstoff in der Hitze Ammoniak erhalten hatten. RAMSAY und YOUNG, die 1884 beim Studium der Zersetzung des Gases in der Nähe von 800° Cels. stets eine Spur unzersetzten Ammoniaks beobachtet hatten, waren besonders bestrebt gewesen, bei der gleichen Temperatur diese Spur aus den Elementen mit Eisen als Überträger zu erhalten. Aber der Versuch war mit den reinen Gasen erfolglos verlaufen. Hier lag eine Undeutlichkeit vor, deren Aufklärung über die Möglichkeit einer unmittelbaren Ammoniakerzeugung aus den Elementen entschied. Ich habe deshalb damit begonnen, durch ziemlich grobe Versuche die ungefähre Lage des Ammoniakgleichgewichtes in der Nähe von 1 000° Cels. zu bestimmen. Dabei erwies sich nun, dass die älteren Versuche nur durch einen Zufall negativ verlaufen waren; denn es gelang in der Nähe von 1 000° Cels. leicht, mit Eisen als Kontaktstoff den gleichen Ammoniakgehalt von beiden Seiten zu erreichen. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche schwankten zwischen $^1/_{200}$ % und $^1/_{80}$ %, und ich sah damals wegen einzelner herausfallender Zahlen die obere Grenze als den wahrschein-

lichen Wert an, während sich später durch genauere Bestimmungen die untere als richtig herausgestellt und die Quelle der höheren Werte in der Eigenschaft der Katalysatoren gefunden hat, in frischem Zustande vorübergehend das Gleichgewicht überschiessende Ammoniakbildung herbeizuführen. Es ergab sich weiter, dass dasselbe Resultat mit Nickel wie mit Eisen zu erhalten war, und es wurden im Calcium und besonders im Mangan Kontaktstoffe gefunden, die auch bei niederer Temperatur einen Zusammentritt der Elemente herbeiführten. Bei 1 000° war die Reaktionsgeschwindigkeit ausreichend, um mit einer kleinen Menge fortlaufend eine vergleichsweise grosse Menge Ammoniak zu erzeugen. Durch eine Zirkulationseinrichtung, die den Gasstrom abwechselnd bei hoher Temperatur mit dem Metall in Berührung brachte und dann das Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur durch Auswaschen entfernte, liess sich die Umbildung einer gegebenen Gasmasse zu Ammoniak schrittweise durchführen.

Aus der Bestimmung bei einem Druck, einer Temperatur und einer Ausgangsmischung von Stickstoff und Wasserstoff liess sich nach dem Stande der Theorie das erreichbare Ergebnis für beliebige Temperaturen, Drucke und Mischungsverhältnisse von Stickstoff und Wasserstoff annähernd voraussagen. Aus der formelmässigen Fassung war ohne weiteres die Erhöhung des erreichbaren Maximalgehaltes mit sinkender Temperatur, seine Proportionalität mit dem Gasdruck und die Tatsache vorauszusagen, dass eine Mischung von 3 Teilen Wasserstoff und 1 Teil Stickstoff die höchsten Ammoniakgehalte liefern musste. Am wesentlichsten war die damals gewonnene Einsicht, dass von beginnender Rotglut aufwärts kein Katalysator mehr als Spuren Ammoniak in der günstigsten Gasmischung erzeugen kann, wenn man bei gewöhnlichem Druck arbeitet, und dass auch bei stark erhöhtem Druck die Lage des Gleichgewichtes stets sehr ungünstig bleiben musste. Wenn man praktische Erfolge mit einem Katalysator bei gewöhnlichem Drucke erreichen wollte, so durfte man seine Temperatur nicht wesentlich über 300° steigen lassen. Damit schien mir im Jahre 1905 die weitere Verfolgung des Gegenstandes als aussichtslos gekennzeichnet. Die Herstellung der Verbindung aus den Elementen war wohl gelungen und die Bedingungen einer Synthese in grösserem Stil physikalisch gekennzeichnet. Aber diese Bedingungen erschienen so ungünstig, dass sie von einer Vertiefung in den Gegenstand abschreckten. Denn die Auffindung von Kontaktstoffen, die noch in der Nähe von 300° eine flotte Einstellung des Gleichgewichtes bei gewöhnlichem Drucke lieferten, war mir völlig unwahrscheinlich. Sie sind auch in den inzwischen verflossenen 15 Jahren nirgends gefunden wor

den. Eine Durchführung der bei gewöhnlichem Drucke nachgewiesenen Ammoniakbildung unter hohem Druck konnte im Laboratoriumsmasstabe keine ernstliche Schwierigkeit haben. Es bedurfte dazu nur einer geringen Umbildung des Druckofens, mit dem HEMPEL 15 Jahre früher die Stickstoffaufnahme bei der indirekten Ammoniakbildung unter Drucken bis zu 66 Atm. verfolgt hatte. Aber ich hielt sie nicht der Mühe für wert; denn ich unterlag damals dem verbreiteten Urteil, dass die technische Durchführung einer Gasreaktion bei beginnender Rotglut unter hohem Drucke unmöglich sei. Auf diesem Stande verblieb die Sache während der nächsten 3 Jahre. Hingegen erwies sich eine neue Bestimmung des Ammoniakgleichgewichtes schon 1906 als erforderlich. Im Gange seiner Untersuchungen über das nach ihm benannte Wärmetheorem war Herr NERNST zu einer Näherungsformel gelangt, die aus den Werten der Wärmetönung und der sogenannten chemischen Konstanten eine Voraussage der Gleichgewichte erlaubte. Sie ergab beim Ammoniak eine Abweichung von den aus meinen ersten Bestimmungen gefolgerten Werten, die, wie später ersichtlich wurde, durch den damals benutzten Erstwert der konventionellen chemischen Konstante des Wasserstoffs hervorgerufen war. Diese Abweichung führte zu neuen Gleichgewichtsbestimmungen, die Herr NERNST in seinem Institut mit einem von ihm angegebenen Druckofen ausführen liess, während ich in Gemeinschaft mit ROBERT LE ROSSIGNOL die Bestimmungen unter gewöhnlichem Drucke mit grösserer Sorgfalt als früher wiederholte. Weitere Arbeiten folgten, die der Feststellung des Gleichgewichtes bei gewöhnlichem Druck und bei 30 Atmosphären in einem erweiterten Temperaturbereich der Ermittlung der Bildungswärme des Ammoniaks aus den Elementen bei gewöhnlicher Temperatur und an der Schwelle der Rotglut und schliesslich der Kenntnis seiner spezifischen Wärme bei erhöhter Temperatur gewidmet waren.

t °C.	T Grad Abs.	$\frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}{}^{1/2} P_{H_2}{}^{3/2}}$	$-\log \frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}{}^{1/2} P_{H_2}{}^{3/2}}$	% NH_3 im Gleichgewicht: bei 1 Atm.	bei 30 Atm.	bei 100 Atm.	bei 200 Atm.
200 . . .	473	0,1807	0,660	15,3	67,6	80,6	85,8
300 . . .	573	1,1543	0,070	2,18	31,8	52,1	62,8
400 . . .	673	1,8608	0,0138	0,44	10,7	25,1	36,3
500 . . .	773	2,3983	0,0040	0,129	3,62	10,4	17,6
600 . . .	873	2,8211	0,00151	0,049	1,43	4,47	8,25
700 . . .	973	3,1621	0,00069	0,0223	0,66	2,14	4,11
800 . . .	1 073	3,4417	0,00036	0,0117	0,35	1,15	2,24
900 . . .	1 173	3,6736	0,000212	0,0069	9,21	0,68	1,34
1 000 . . .	1 273	3,8679	0,000136	0,0044	0,13	0,44	0,87

Im Gange dieser Untersuchungen bin ich 1908 in Gemeinschaft mit meinem jüngeren Freunde und Mitarbeiter ROBERT LE ROSSIGNOL, dessen ich an dieser Stelle mit besonderer Herzlichkeit und besonderem Danke gedenke, an die 3 Jahre früher verlassene Aufgabe der Ammoniakdarstellung wieder herangetreten. Ich war unmittelbar zuvor mit den Arbeitshilfsmitteln der Luftverflüssigung vertraut geworden, hatte gleichzeitig Einblick in die Formiatindustrie erhalten, die strömendes Kohlenoxyd auf Alkali in der Wärme unter erhöhtem Drucke zur Einwirkung brachte, und hielt es nicht mehr für ausgeschlossen, in technischem Masstabe Ammoniak bei hohem Druck und hoher Temperatur zu erzeugen. Aber die ungünstige Beurteilung durch die Fachgenossen belehrte mich, dass es eines eindrucksvollen Fortschrittes bedurfte, um das technische Interesse für den Gegenstand zu wecken.

Es war zunächst klar, dass der Übergang zu möglichst hohem Drucke vorteilhaft war. Die Lage des Gleichgewichtes wurde dadurch günstiger, und für die Reaktionsgeschwindigkeit liess sich das gleiche erwarten. Der Kompressor, über den wir verfügten, erlaubte die Verdichtung der Gase auf 200 Atm. und bestimmte damit den Arbeitsdruck, der für grössere Versuchsreihen nicht bequem zu überschreiten war. In der Nähe dieses Druckes lieferten die Katalysatoren, mit denen wir durch die Gleichgewichtsbestimmungen bekannt geworden waren, vorzugsweise Mangan, nächst ihm Eisen, oberhalb 700° mit Leichtigkeit eine rasche Vereinigung des Stickstoffs mit dem Wasserstoff. Für ein eindrucksvolles Ergebnis aber bedurfte es der Auffindung von Kontakten, die zwischen 500 und 600° einen flotten Umsatz herbeiführten. Wir kamen auf den Gedanken, die sechste, siebente und achte Gruppe des periodischen Systems, deren Spitzenmetalle Chrom, Mangan, Eisen und Nickel ein ausgeprägtes katalytisches Vermögen besassen, nach Metallen zu durchsuchen, die noch günstiger wirkten, und entdeckten solche im Uran und Osmium. Dabei fanden wir für die grosse Abhängigkeit, in der die Leistung eines Kontaktes von der Art seiner Herstellung stand, beim Osmium ein besonders ausgeprägtes Beispiel. Mit ihrer Hilfe liessen sich bei 200 Atm. die beiden Forderungen erfüllen, die wir an eine technisch überzeugende Ausführung des Versuches stellen zu müssen glaubten; die eine betraf den Gehalt an Ammoniak, die andere die pro ccm des Kontaktraumes und Stunde erzeugte Ammoniakmasse: mit einem Gehalte von rund 5 % war die 1905 beschriebene Umlaufsvorrichtung nicht mehr die Darstellung einer Bildungsweise, sondern ein Herstellungsverfahren Bei einer Ausbeute von mehreren Grammen Ammoniak pro

Stunde und ccm des geheizten Hochdruckraumes konnten dessen Abmessungen so klein bleiben, dass die Bedenken der Industrie nach unserer Auffassung schwinden mussten.

Es bedurfte schliesslich noch eines Aufbaues der Zirkulationseinrichtung, die als ein Modell der technischen Durchführung gelten konnte. Es wäre nicht zweckmässig gewesen, die Bildung und die Entfernung des Ammoniaks aus dem Gasstrom durch eine Entspannung zu trennen. Der Wechsel von Ammoniakerzeugung und Ammoniakabscheidung musste offenbar bei konstantem Hochdruck am einfachsten durchführbar sein. Wesentlich erschien, dass die bei der Ammoniakbildung erzeugte Wärme den vom Kontakt abziehenden Gasen, in denen sie lediglich störend wirkte, entzogen und auf das Frischgas übertragen wurde, damit der Vorgang die für seinen Ablauf erforderliche Temperatur durch seine eigene Wärmeerzeugung lieferte. Der gemeinsam mit ROBERT LE ROSSIGNOL durchgeführte Bau und Betrieb einer kleinen Anordnung, die diesem Gesichtspunkte entsprach, verbunden mit der Leistung der erwähnten neuen Kontakte, genügten in der Tat, um die Badische Anilin- und Sodafabrik, die zuvor dem indirekten Wege der Ammoniakdarstellung mittels der Nitride des Aluminiums, des Siliciums und Titans ihre Arbeit gewidmet hatte, zur Aufnahme der Hochdrucksynthese aus den Elementen zu bestimmen.

Die Firma hat danach die Kontakte mit wesentlich grösseren Hilfsmitteln in weitem Umfange studiert und in der Temperatur, die bei ihrer Herstellung innegehalten wird, und besonders in dem absichtlichen Zusatz indifferenter Stoffe Mittel gefunden, um die Leistung schlechterer Katalysatoren auf die des Osmiums und Urans zu bringen. Das Ergebnis war namentlich wichtig bei dem klassischen Ammoniakkontakt, den RAMSAY und YOUNG für die Zerlegung bevorzugt hatten, nämlich dem Eisen. Für die Konstruktion des Ofens fand sie eine Verbesserung, die die bei längerem Gebrauche von ihr beobachtete Einwirkung des Wasserstoffs auf den Kohlenstoffgehalt des Stahls beseitigte. Die Hauptarbeit erwuchs der Firma aber aus der Vertauschung des elektrolytischen Wasserstoffs, mit dem unsere Versuche ausgeführt waren, gegen den Wasserstoff des Wassergases, der Verunreinigungen mit sich brachte. Die Schwierigkeiten, die der technische Leiter, Herr Dr. BOSCH, zu überwinden hatte, ähneln denen, die sein Vorgänger KNIETSCH bei der technischen Durchführung des Schwefelsäure-Kontakt-Prozesses gleich erfolgreich bewältigt hat. Direktor BOSCH hat aus der Synthese des Ammoniaks eine Grossindustrie gemacht.

Von äusseren Merkmalen der Laboratoriumsarbeit sind in dem heu-

tigen Grossbetriebe der Arbeitsdruck in der Nähe von 200 Atm., die Arbeitstemperatur von ungefähr 500 und 600°, der Umlauf unter dauerndem Hochdruck, die Art der Wärmeübertragung vom Abgas auf das Frischgas erhalten geblieben.

In jüngster Zeit hat CLAUDE eine Verbesserung des Verfahrens durch Verwendung höherer Drucke angekündigt. Das Druckgebiet in der Nähe von 200 Atm. ist seinerzeit nur darum gewählt worden, weil es nach dem Stande der Kompressortechnik die Grenze des bequem zugänglichen Bereiches darstellte. Ich bin selbst bei späteren Versuchen zusammen mit Herrn GREENWOOD bis auf 370 Atm. gegangen. Ein grundsätzliches Interesse hat der höhere Druck nur dann, wenn er die Temperatur der flotten Umsetzung erheblich hinabdrückt, ohne neue technische Schwierigkeiten zu schaffen.

Aus der mitgeteilten Gleichgewichtstabelle ersieht man, dass der Übergang von gewöhnlichem Druck zu 200 Atm. die günstigen Gleichgewichtsbedingungen, die zwischen 200° und 300° Cels. bestehen, bei einer Temperatur schafft, die 300° höher liegt und die Katalysatoren zu kräftiger Wirkung befähigt. Warum es dafür der höheren Temperatur bedarf, ist eine Frage, deren Beantwortung wir einer erleuchteteren Periode der Wissenschaft überlassen müssen. Die heterogene Katalyse der Gasreaktionen ist ein Vorgang, dessen erste Phase anscheinend eine elektrodynamische Verzerrung des Moleküls durch die Atomfelder an der Grenze des festen Kontaktstoffes gegen den Gasraum, also eine Erscheinung aus einem Gebiete der Molekularphysik darstellt, in das wir durch STARCKS Entdeckung eben erst den ersten Einblick getan haben.

Die Synthese des Ammoniaks aus den Elementen ist ein Ergebnis, das der physikalischen Chemie nicht entgehen konnte. Den Gedanken der Umkehrbarkeit des Ammoniakzerfalls haben schon DEVILLE und RAMSAY und YOUNG gehabt. LE CHATELIER hat den Temperatur- und Druckeinfluss schon 1901 überlegt. Misserfolg des ersten synthetischen Versuches aber hat ihn bestimmt, den Gegenstand zu verlassen und die angestellten Erwägungen nur in der Verborgenheit einer französischen Patentschrift unter fremdem Namen auszusprechen. Ich selbst habe erst längere Zeit nach dem erfolgreichen Abschluss meiner Versuche davon Kenntnis erhalten.

Die gefundene Lösung der Aufgabe nimmt ihre Bedeutung daher, dass das Gebiet der sehr hohen Temperaturen nicht betreten wird und das Verhältnis von Kohleaufwand zu Stickstofferzeugung darum günstiger ausfällt als bei anderen Verfahren. Das Ergebnis reicht anscheinend aus, um uns

in Gemeinschaft mit den anderen Formen der Stickstoffbindung, die ich gestreift habe, der Zukunftssorge zu entheben, die uns die drohende Erschöpfung der Salpeterlager vor 20 Jahren bereitet hat.

Vielleicht ist diese Lösung keine endgültige. Die Stickstoffbakterien lehren, dass die Natur in den verfeinerten Formen der Lebenschemie noch Möglichkeiten kennt und verwirklicht, deren Nachahmung sich vorerst unserem Können entzieht. Genug, dass inzwischen neuer Reichtum an Nahrung der Menschheit aus reicherer Stickstoffdüngung des Bodens zufliesst und die chemische Industrie dem Landmann zu Hilfe kommt, der auf der friedlichen Erde Steine in Brot verwandelt.

Anmerkungen.

1.) Die Ergebnisse waren in Kürze die folgenden:

a) Wahre spezifische Wärme c_p des Ammoniakgases pro Mol bei konstantem Druck zwischen 309° und 523 Cels. $c_p = 8{,}62 + 3{,}5 \cdot 10^{-3}\, t + 5{,}1 \cdot 10^{-6}\, t^2$.

b) Bildungswärme Q des Ammoniakgases bei konstantem Druck in Grammkalorien pro Mol aus den Elementen bei t° Cels. $Q = 10950 + 4{,}85\, t - 0{,}93 \cdot 10^{-3}\, t^2 - 1{,}7 \cdot 10^{-6}\, t^3$.

c) Prozentgehalte an Ammoniak im Gleichgewichte mit Stickstoff-Wasserstoffmischung

$$(3 \text{ Vol. } H_2 + 1 \text{ Vol. } N_2).$$

Für die Berechnung ist der Ausdruck benutzt:

$$\log^{10} \frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}{}^{1/2}\, P_{H_2}{}^{3/2}} = \frac{9591}{4{,}571\, T} - \frac{498}{1{,}985} \log T - \frac{0{,}00046\, T}{4{,}571} + \frac{0{,}85 \cdot 70^{-6}}{4{,}571} T^2 + 2{,}10.$$

Auch Ausdrücke mit höheren Gliedern für die Temperatur lassen sich den Beobachtungen anpassen. Ein rationeller Ausdruck wird erst aufgestellt werden können, wenn eine rationelle Darstellung der spezifischen Wärme aller 3 beteiligten Gase geglückt ist.

L'INVAR ET L'ÉLINVAR

Conférence Nobel.

par

CH.-ÉD. GUILLAUME.

L'anomalie des aciers au nickel.

Découverte de l'anomalie. — En 1889, la Conférence générale des Poids et Mesures était réunie à Sèvres, siège du Bureau international. Elle accomplissait le premier grand acte dicté par la devise inscrite au fronton du splendide édifice qu'est le Système métrique: *A tous les temps, à tous les peuples;* et cet acte résidait dans la sanction et la répartition, entre les gouvernements des États adhérents à la Convention du Mètre, des étalons prototypes destinés à répandre, dans le monde entier, l'unité métrique avec une précision inconnue jusque-là.

Ces prototypes étaient, à la vérité, admirables. Ils étaient construits avec cet alliage de platine et d'iridium, réalisé par Henri Sainte-Claire-Deville, et qui réunit toutes les qualités de dureté, de permanence, de résistance aux agents chimiques, le rendant apte à la construction d'étalons appelés à durer pendant des siècles. Mais leur prix élevé les excluait du domaine ordinaire des sciences; un seul mètre coûtait, en effet, à cette époque, 7000 couronnes, et combien plus aujourd'hui!

La recherche d'une solution moins dispendieuse s'imposait; car, entre ces précieux prototypes et des étalons ne donnant que des garanties précaires, existait une lacune que rien ne permettait de combler.

C'est à l'étude de ce problème que je consacrai, en 1891, une première recherche. Bientôt furent mises en évidence les qualités réellement excellentes du nickel pur; et aujourd'hui encore, c'est à ce métal que l'on a recours lorsqu'on veut obtenir un étalon inoxydable, invariable dans le cours du temps, rigide et de moyenne dilatabilité. Cependant une difficulté m'arrêta dans la généralisation de son emploi. Il s'agissait essentiellement de la construction d'un étalon géodésique de 4 mètres de longueur,

et aucune usine productrice de nickel ne voulut s'engager à livrer, parfaitement saine et exempte de fissures, la barre qui en était capable.

La suite des recherches fut orientée par quelques hasards heureux. En 1895, M. J.-R. Benoît ayant entrepris, à la demande de la Section technique de l'artillerie à Paris, l'étude d'un étalon fait en un alliage de fer avec 22 p. 100 de nickel et 3 p. 100 de chrome, lui reconnut une dilatabilité voisine de celle du laiton. Cet alliage était non magnétique; il manifestait donc une double anomalie.

On connaissait déjà, depuis quelques années, les phénomènes si curieux découverts par John Hopkinson, et que l'on peut brièvement décrire dans les termes suivants: certains alliages de fer et de nickel, au voisinage de 25 p. 100 de ce dernier, sont, au retour de la forge, non magnétiques et de faible dureté; mais, lorsqu'ils ont été refroidis, par exemple dans l'acide carbonique solide, ils sont durs et fortement magnétiques; de plus, dans cette transformation, leur volume s'est accru de 2 p. 100 environ.

Les phénomènes trouvés par Hopkinson et par M. Benoît présentaient entre eux une évidente parenté. Mais, si intéressante qu'ils fussent pour un physico-chimiste, un métrologiste devait éviter tout contact avec eux. Un alliage qui se transforme, un autre dont la dilatabilité est élevée, sont impropres à la construction d'étalons de longueur.

La question changea d'aspect lorsque, en 1896, je fus mis sur la trace d'un fait nouveau et bien inattendu, en étroite connexion avec ceux qui viennent d'être rapportés. Une barre d'acier à 30 p. 100 de nickel étant parvenue au Bureau international, je trouvai sa dilatabilité d'un tiers environ plus faible que celle du platine. La suite de l'étude ainsi commencée était pleine de promesses; je la poursuivis avec acharnement.

Pour la métrologie, la question des dilatabilités est fondamentale; en effet, l'erreur commise sur la mesure de la température se reporte sur celle de la longueur, proportionnellement à la dilatabilité de l'étalon, et les efforts, continuellement renouvelés, que les métrologistes s'imposent pour protéger les instruments de mesure contre les actions perturbatrices de la température, montrent clairement l'importance qu'ils attribuent aux erreurs dues aux dilatations.

Il est de notion courante, par exemple, que de bonnes mesures ne peuvent être faites qu'à l'intérieur d'un bâtiment dont les salles sont très fortement protégées contre les changements de la température extérieure, et la présence même de l'observateur crée une cause perturbatrice contre laquelle il est souvent nécessaire de prendre de grandes précautions.

Avant la découverte de l'anomalie que je viens de signaler, tout physicien aurait affirmé qu'il n'y avait pas d'espoir de la résoudre à l'aide de métaux ou d'alliages dont la dilatabilité fût de beaucoup inférieure aux valeurs connues, parce qu'on avait toujours considéré la règle des mélanges comme pratiquement suivie.

Mon premier soin fut de vérifier le sens de la marche des dilatations en fonction de la composition des alliages. Cette précaution n'était pas inutile, puisque, entre l'alliage à 22 p. 100, non magnétique, et l'alliage à 30 p. 100, magnétique, il pouvait se produire une discontinuité. Des expériences faites sur deux alliages encadrant le second, et que me remit la Société de Commentry-Fourchambault & Decazeville, établirent la continuité.[1]

Classification par les propriétés magnétiques. — La mesure précise des dilatabilités est longue et délicate. Comme on se trouvait, indubitablement, en présence d'une anomalie affectant toutes les propriétés des nouveaux alliages, il fallait s'aider de méthodes d'une application plus aisée. L'étude de la susceptibilité magnétique s'offrait d'elle-même, car, s'il s'agit seulement de constater la présence ou l'absence de ferro-magnétisme, les expériences sont élémentaires.

L'ébauche de cette étude me fit connaître l'existence de deux transformations distinctes. L'une est irréversible; c'est celle qu'avait découverte Hopkinson; l'autre est réversible; sa constatation était nouvelle. Plusieurs observateurs, notamment M.M. Osmond, Louis Dumas, Pierre Weiss et ses élèves, Nagaoka, Honda, en ont fixé les détails.

Un diagramme très simple permet de saisir d'un coup d'œil l'ensemble des transformations des ferro-nickels, rapportées à leurs propriétés magnétiques.

Partant du fer, ces transformations se séparent en deux nappes, AB, AC, qui vont en s'écartant graduellement (fig. 1). A la traversée, de haut en bas, de la courbe inférieure, le magnétisme apparaît, puis il croît jusqu'à une certaine limite. Lorsqu'on réchauffe l'alliage, il décroît à partir d'une température donnée, et disparaît définitivement au passage de la courbe supérieure. Au contraire, le passage de la courbe unique marque, dans les alliages à plus haute teneur en nickel, à la fois l'apparition, au refroidissement, et la disparition, au réchauffement, des propriétés ferro-magnétiques.

---

[1] Cette Société, sous l'impulsion initiale donnée par son directeur général, M. Henry Fayol, ne s'en est pas tenue là; elle m'a fourni, en m'en communiquant les analyses, des alliages dont le nombre dépasse six cents. C'est grâce à cette libérale collaboration que mes travaux ont pu être poursuivis pendant près d'un quart de siècle.

Le croisement des courbes des deux catégories a un sens précis: des additions de carbone, de chrome, de manganèse, abaissent notablement la température des transformations irréversibles, mais ont beaucoup moins d'action sur les transformations réversibles. Il est donc possible de suivre la transformation réversible dans la région des alliages normalement irréversibles.

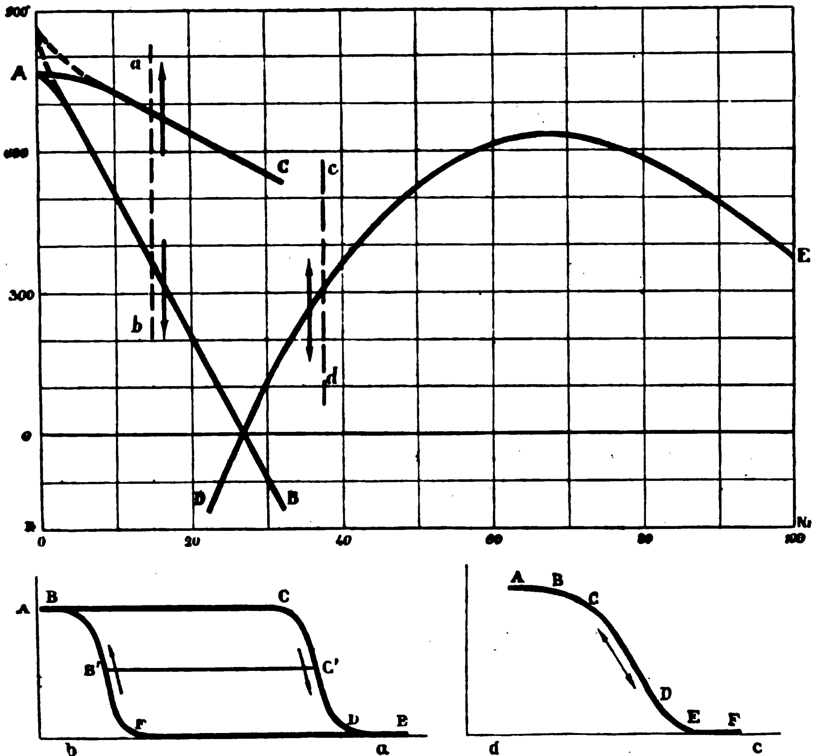


Fig. 1 — *Haut:* Température de transformation magnétique des aciers au nickel en fonction de leur composition. Les branches AB et AC se rapportent aux alliages irréversibles, la branche DE aux alliages réversibles.

1bis, 1ter *Bas:* Variations de la susceptibilité magnétique des aciers au nickel en fonction de la température dans les régions des alliages irréversibles et réversibles (les abscisses figurent la température, les ordonnées la susceptibilité).

D'autre part, à la droite du croisement, un refroidissement modéré laisse le magnétisme complètement réversible; un refroidissement plus poussé fixe la transformation, et la rend irréversible.

Supposons, maintenant, un troisième axe, perpendiculaire aux deux autres, le long duquel nous porterons la valeur de la susceptibilité, et, dans le diagramme solide ainsi obtenu, faisons deux sections orthogonales ab, cd. Dans la région irréversible, l'alliage préalablement refroidi conserve, le

long de ABC (fig. 1 bis), la susceptibilité acquise, laquelle revient à zéro le long de CD. Au refroidissement, elle restera nulle jusqu'au point F, où elle recommencera à monter, en suivant la courbe FB.

On peut arrêter le refroidissement à un moment quelconque, puis réchauffer l'alliage, lequel conserve les propriétés magnétiques constantes marquées par la ligne B'C'.

Dans la région réversible, la susceptibilité est représentée par la courbe unique ABCDEF (fig. 1 ter).

Toutes les propriétés des alliages qui nous occupent sont liées à ces transformations, et l'on retrouvera, dans les courbes représentant les changements du volume ou du module d'élasticité, les caractères de celles que nous venons de tracer.

Le guide étant ainsi trouvé, je donnai mon plus grand effort à l'étude des changements de volume, qui constituent le fait métrologique capital lié à l'existence de ces alliages.

Changements de volume.

Méthodes. — C'est au cours du XVIIIème siècle que la dilatabilité des corps solides fut mise nettement en évidence. Le célèbre physicien et géodésien français Bouguer voulut, un jour, en faire constater les effets à un nombreux public, et, dans ce but, suspendit, sous le dôme de l'Hôtel des Invalides, un fil de métal soutenant une lunette, balancée sur deux pointes. La lunette visait une mire lointaine, et lorsque, au cours de la journée, la température s'élevait puis s'abaissait, les variations de longueur du fil étaient décelées par le mouvement du point de la mire aperçu dans la lunette.

Mais il s'agissait là seulement d'une constatation, et non d'une mesure. Diverses méthodes de détermination des dilatations ont été mises en œuvre au cours du XIXème siècle; celle dont je me suis servi presque exclusivement est celle du comparateur, dont le baron Wrede avait recommandé, au Bureau international, l'emploi sous la forme qu'il avait lui-même utilisée, et qui, perfectionnée dans le cours des années, notamment par M. J.-R. Benoît, a conduit aux procédés actuellement en usage.

Deux microscopes micrométriques, fixés à des piliers de pierre, visent verticalement les traits d'une règle immergée dans l'eau, et mesurent les changements de sa longueur lorsqu'elle est portée successivement à diverses températures. Mais, comme la distance des microscopes n'est pas fixe, on procède par des mesures alternées de la règle à étudier et d'un étalon maintenu, dans une deuxième auge, à une température pratiquement con-

stante. Cette méthode est dite *absolue*. On lui substitue, pour les travaux courants, la méthode *relative*, dans laquelle l'étalon de référence est placé dans le même bain que la règle à l'étude. La dilatabilité de cette dernière est la somme algébrique de la dilatabilité relative donnée par l'expérience et de celle de la règle étalon, préalablement déterminée par la méthode absolue. C'est sous la forme relative que j'ai appliqué la méthode du comparateur, l'étalon de référence étant une règle de platine iridié.

Mais le comparateur ne permet d'opérer que dans un intervalle de température peu étendu, et dont les limites pratiques étaient, dans le cas de mes expériences, 0° et 38°. Pour atteindre des températures supérieures à 200°, et ainsi caractériser mieux les transformations, je fixais l'échantillon à étudier contre une règle de laiton, les deux barres étant rendues solidaires à une extrémité, et libres de se dilater dans le reste de leur longueur. On mesurait au microscope, sur l'extrémité libre, leurs allongements relatifs.

Plus tard, M. P. Chevenard a constitué un dilatomètre permettant de mesurer avec une précision élevée les allongements relatifs d'un petit échantillon du métal étudié (25 à 50 mm) et d'une tige de référence faite en un alliage convenablement choisi. Son dilatomètre, enregistreur par photographie, a permis de couvrir tout l'intervalle compris entre la température que donne l'air liquide, et 1 000° environ. Dans leurs parties communes, nos diagrammes se superposent; mais ceux de M. Chevenard comportent une large extension de ceux que j'avais tracés.

Changements irréversibles. — La connaissance des changements irréversibles de volume des alliages était nécessaire, surtout pour en fixer la limite. J'ai étudié ses divers aspects dans des alliages binaires ou ternaires, fer-nickel, avec du chrome, du cuivre, etc. . .; il ne m'a été possible de tracer que la partie basse du cycle; les cycles complets ont été réalisés beaucoup plus tard par M. P. Chevenard.

Lorsqu'une barre d'un alliage irréversible est réchauffée à partir d'une température basse, elle se dilate suivant la ligne à peu près droite ABC (fig. 2bis), puis, à une certaine température, l'allongement prend une allure moins rapide, enfin se mue progressivement en une contraction, qui se poursuit régulièrement jusqu'au moment où la transformation est complète, alors, la dilatation reprend sa marche régulière DE.

Si on laisse la barre se refroidir, on la voit se contracter suivant EDF, point où commence à se produire une dilatation, qui cesse au point B, et se poursuit en une contraction le long de BA.

Si le refroidissement a été arrêté au point B′, et si l'on réchauffe, le mouvement se produit suivant la ligne B′C′, et continue le long de la même courbe de raccordement que dans le cas précédent. L'inclinaison de la droite AC est comprise entre 10 et 11.10^{-6}, celle de la droite EF est voisine de 18.10^{-6}.

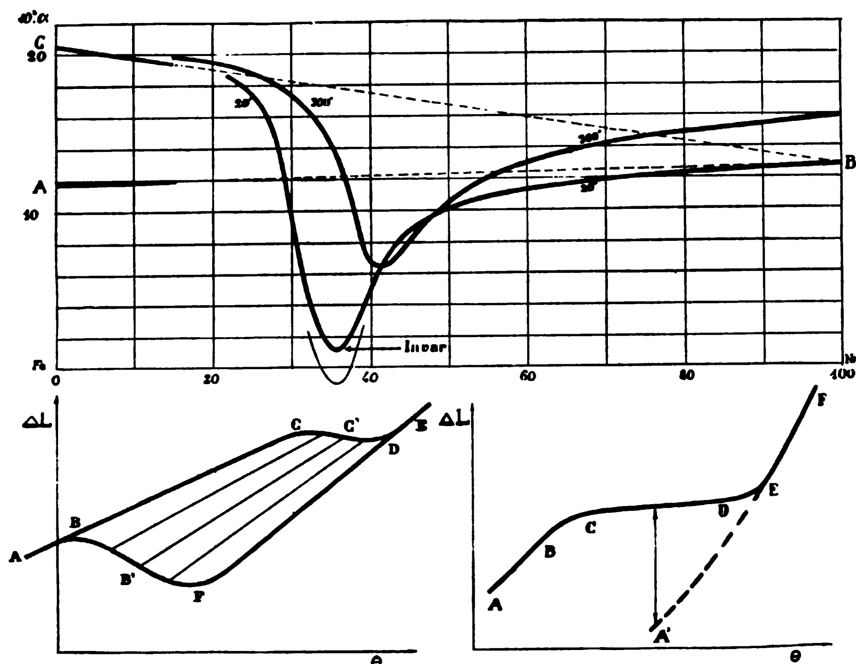


Fig. 2 — *Haut:* Diagramme des dilatabilités des aciers au nickel en fonction de leur composition. Les deux droites partant de A et C limitent le domaine des irréversibles, les courbes représentent les dilatabilités vraies des alliages réversibles à 20° et à 300° (α_{20}, α_{300}).
2bis, 2ter *Bas:* Diagramme relatif à un alliage irréversible et à un réversible.

On trouve, dans la première, les dilatabilités des fers ou aciers ordinaires, dans la seconde, celles de l'alliage non magnétique, fer-nickel-chrome, dont il a été question. Entre les deux, on peut obtenir toutes les dilatabilités intermédiaires, en arrêtant la transformation à un point quelconque de l'une des courbes CD ou FB.

Le long de la ligne ABC, le fer est dans un état que nous apellerons stable à froid; le long de la ligne EDF, il est dans l'état stable à chaud, non magnétique.

Si nous rassemblons les valeurs des dilatabilités que possèdent les alliages irréversibles, nous les trouvons comprises entre les segments des droites AB et CB de la fig. 2, propres à leur domaine particulier.

Contre toutes les apparences, la règle des mélanges est suivie, mais il faut l'appliquer à l'association du nickel avec celle des variétés du fer présent dans l'alliage, tant que l'on s'en tient aux limites du domaine embrassé, ou avec une proportion de chacun des deux états du fer qui dépend du degré auquel est parvenue la transformation..

On étend progressivement le domaine que les fortes dilatabilités peuvent occuper aux températures ordinaires, en retardant la transformation par des additions de manganèse, de chrome ou de carbone, ainsi qu'il a été dit à propos du magnétisme.

Changements réversibles. — Les expériences relatives aux alliages réversibles ont été beaucoup plus étendues.

Un premier examen a consisté dans l'établissement de la courbe de l'anomalie en fonction du nickel, sans aucun souci des additions de manganèse, carbone et silicium, présentes dans les alliages en quantités variables, et qui laissaient la courbe un peu indécise. Puis j'ai étudié des séries d'alliages qui contenaient des proportions de manganèse et de carbone atteignant jusqu'à la limite réalisable. Ayant ainsi déterminé les coefficients relatifs à ces additions pour toutes les teneurs en nickel, j'ai pu ramener les résultats à des proportions constantes d'additions: 0,1 Mn, 0,4 C p. 100, et j'ai appelé *alliages types* ceux qui les contiennent. De plus, ces alliages, laminés à chaud et refroidis à l'air, seront désignés comme étant *à l'état naturel.*

La dilatabilité d'un corps étant donnée par l'équation:

$$l_\theta = l_0(1 + \alpha\theta + \beta\theta^2),$$

on appellera coefficient *vrai* à θ la grandeur

$$\alpha_\theta = \alpha + 2\beta\theta,$$

laquelle est en même temps le coefficient de la dilatabilité moyenne entre $0°$ et 2θ; β sera le *coefficient quadratique.*

La dilatabilité de la plupart des métaux est bien représentée, dans un large intervalle de température, par une équation de la forme ci-dessus; pour les alliages qui nous occupent, la même règle s'applique suffisamment dans l'intervalle étroit dans lequel j'ai opéré au comparateur; mais, lorsqu'on l'élargit, on constate bientôt qu'une équation du second degré ne suffit plus à représenter le phénomène. Il est cependant commode de conserver la même forme d'équation, en attribuant à β une valeur variable avec la température, et qui indique la demi-courbure de la courbe de dilatabilité en chaque point.

Pour les aciers au nickel normaux, réversibles, les valeurs de α_{20} et de β_{20} sont représentées par les courbes des figures 2 et 3. Les droites AB joignent les valeurs des mêmes coefficients pour le fer et le nickel à l'état stable à froid, et ainsi font apparaître la grandeur de l'anomalie de dilatabilité. Pour β, cette anomalie est incontestablement positive, puis négative. Elle semble l'être également pour α; mais la droite CB, qui part de la valeur que le coefficient possède dans le fer gamma, et limite le domaine des fortes dilatabilités des irréversibles, fait apparaître l'anomalie comme entièrement negative. C'est bien, en effet, à cette représentation qu'il faut la rapporter.

L'anomalie est de très grande amplitude, puisque la dilatabilité des alliages varie dans le rapport de 1 à 15 environ, et atteint une quantité qui n'est que le quart de la plus faible dilatabilité trouvée dans un métal. On remarquera, en plus, d'un point de vue pratique, que les faibles dilatabilités sont obtenues ici par des métaux peu coûteux, et constituent une échelle tout à fait continue, opposée à la suite discontinue et coûteuse des métaux les moins dilatables, l'iridium, le tantale, le tungstène.

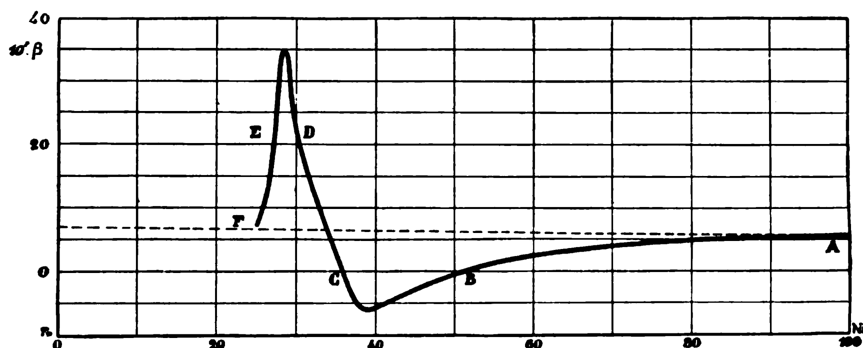


Fig. 3 — Valeurs du coefficient β dans les alliages réversibles. Les lettres portées sur la courbe correspondent à celles des figures 1 et 2, en bas, à droite.

On a donné aux alliages dont la dilatabilité s'écarte peu du minimum le nom générique *d'invar* diminutif d'invariable. Les coordonnées du minimum pour les alliages types à l'état naturel sont: $Ni = 35{,}6$; $\alpha = 1{,}2 \, . \, 10^{-6}$.

Il n'y a pas lieu d'attacher une grande importance à la valeur exacte de ces coordonnées. En effet, elles se rapportent à un alliage dans lequel les additions ont été fixées arbitrairement au voisinage des quantités moyennes que contiennent les alliages industriels, et nous verrons bientôt que ces additions ont une action considérable sur la position du minimum. D'autre part, tout traitement thermique ou mécanique modifie la valeur des

dilatabilités, l'élevant dans le cas d'un recuit avec refroidissement lent, l'abaissant au contraire lorsque le refroidissement est rapide, et plus encore lorsque les alliages sont soumis à l'écrouissage. On peut ainsi, en superposant les actions d'abaissement, amener la dilatabilité d'un alliage à $1,5 . 10^{-6}$ au-dessous de sa valeur correspondant à l'état naturel, et lui conférer une valeur négative. Puis, celle-ci étant obtenue, une chauffe de quelques heures, à 100° par exemple, la relève, et peut l'amener au voisinage immédiat de zéro. C'est ainsi qu'a été élaborée une méthode qui a permis de réaliser des kilomètres de fil d'invar dont la dilatabilité ne peut être mise en évidence que par des mesures très précises. Ce résultat est d'une grande importance pratique, comme nous le verrons bientôt.

La grande amplitude de la variation du coefficient β permet déjà de prévoir que la courbe générale représentant la dilatabilité vraie des alliages en fonction de leur composition se déforme rapidement lorsqu'on modifie la température à laquelle elle se rapporte. De plus, en rapprochant les courbes des fig. 1 et 3, on voit que le maximum de β correspond sensiblement, pour le cas particulier des températures ordinaires, à la région d'apparition ou de disparition du magnétisme. Cette coïncidence est générale, ainsi que j'ai pu le vérifier dès l'année 1896, jusqu'à la limite des températures qu'il m'a été possible d'atteindre, et j'en ai conclu aussitôt que la courbe complète des changements de longueur propre à un alliage donné transporte ses caractères sur les alliages voisins, avec un simple glissement dans l'échelle des températures. J'en ai déduit une règle des états correspondants, qui, assurément, n'est qu'une grossière approximation à la réalité, mais permet cependant de généraliser, et, par conséquent, de prévoir.

Elle peut être formulée en disant qu'un alliage donné se trouve, à une certaine température, dans le même état qu'un autre alliage à une température présentant, par rapport à celle de la première apparition du magnétisme, le même écart que dans le premier alliage.

Pour appliquer cette règle, on rapprochera les valeurs concomittantes de α et de β pour la série des alliages, considérés à la même température, comme appartenant à un même alliage, à la série des températures. On peut ainsi tracer *a priori* la courbe des allongements d'un alliage donné, laquelle possède la forme générale représentée par la fig. 2ter. On distingue essentiellement dans cette courbe cinq périodes, dont les deux extrêmes, AB et EF, avec β faiblement positif, marquent le résultat fourni par la règle des mélanges entre le nickel et le fer à l'état stable à froid

ou stable à chaud, et trois régions intermédiaires, BC et DE, avec β faiblement négatif ou très fortement positif, enfin CD, qui est celle de l'inflexion, où β passe du négatif au positif, et où, comme conséquence, la dilatabilité atteint son minimum.

L'invar proprement dit commence à manifester, entre 150° et 200°, la tendance à un accroissement de la dilatabilité, et, entre 250° et 300°, sa dilatabilité devient normale.

Tout l'ensemble de la courbe se déplaçant vers les hautes températures en même temps que s'accroît la teneur en nickel, on adaptera l'alliage au domaine de la température propre aux applications que l'on a en vue. On ne devra pas oublier, toutefois, que la courbe se déforme lentement, et qu'aux températures élevées, il n'existe pas d'alliages possédant une très faible dilatabilité.

La courbe supérieure de la figure 2 représente, à titre d'exemple, les dilatabilités des aciers au nickel à 300°, telles qu'elles résultent des expériences de M. Chevenard. L'anomalie est encore très marquée, mais le minimum est fortement déplacé vers les hautes teneurs en nickel, comme l'allure des valeurs de β permettait de le prévoir.

La distance entre la courbe *FEA'* et la courbe *EDCBA* est, à chaque température, l'amplitude de l'anomalie.

Propriétés élastiques.

Valeurs du module d'élasticité. — L'irréversibilité et la réversibilité révélées par l'étude des propriétés magnétiques des alliages ou des variations de leur volume se retrouvent, ainsi qu'on pouvait en être certain, dans leurs propriétés élastiques. Les transformations dont nous avons constaté les effets produisent, ici encore, des changements qui sont une fonction de la température actuelle, ou dépendent, pour une très large part, des actions thermiques antérieurement subies.

D'une façon générale, toute dilatation des corps, en diminuant l'intensité des réactions intermoléculaires, abaisse le module. Les changements irréversibles du volume ont aussi cette conséquence, et, par la transformation qu'ils subissent aux basses températures, les aciers au nickel irréversibles éprouvent une diminution de leur module d'élasticité voisine de un dixième de sa valeur initiale, qui s'effectue le long de la courbe FB (fig. 4bis). Pour n'y plus revenir, j'ajouterai que le réseau dont cette courbe fait partie représente l'ensemble des changements que subit le module dans cette

catégorie d'alliages, et dont l'analogie avec les changements du volume, que représente la figure 2bis, est tout à fait évidente.

Par rapport aux valeurs propres au fer et au nickel, la courbe des valeurs du module, tracée en fonction de la teneur, éprouve une dépression

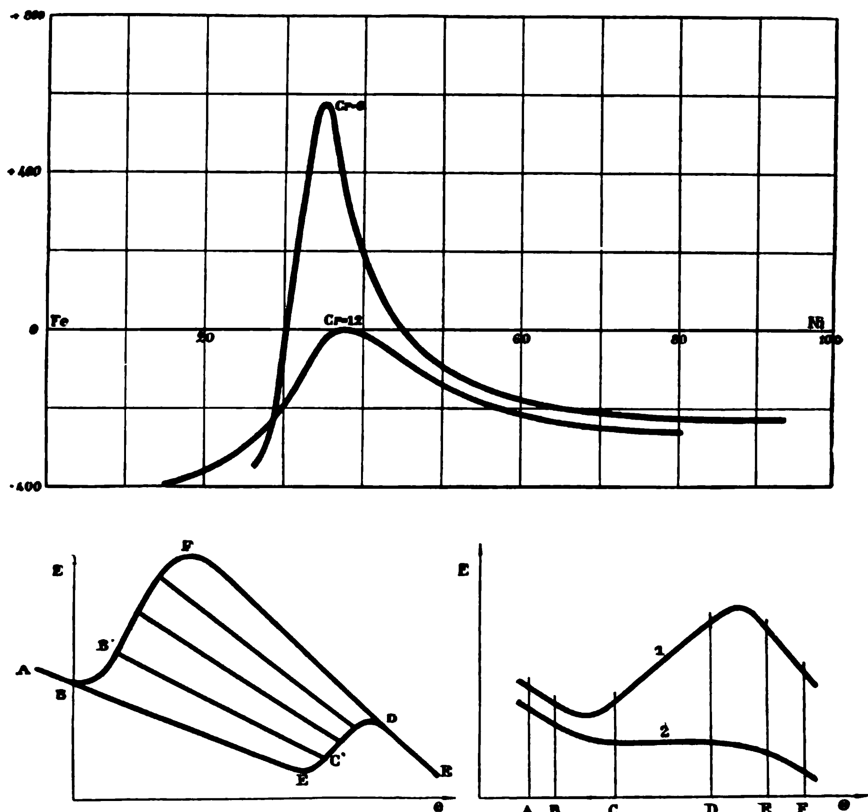


Fig. 4 — *Haut:* Valeurs du coefficient thermoélastique des alliages de fer et de nickel types et des alliages additionnés de 12 p. 100 de chrome.
4bis, 4ter *Bas:* Changements du module d'élasticité d'un alliage irréversible et d'un alliage réversible. Les lettres de ce dernier diagramme correspondent à celles des diagrammes fig. 1, 2 et 3.

dont la plus grande amplitude se manifeste dans la région de l'invar, et atteint un quart environ de la valeur qu'indiquerait la règle des mélanges. La valeur minima du module à la température ordinaire est ainsi voisine de $1{,}4 . 10^{12}$ CGS.

Variations thermiques du module. — Le principal intérêt réside dans l'étude des variations thermiques du module, qu'il s'agisse de la flexion ou de la torsion.

Pour cette dernière, je me suis borné à une rapide investigation, qui m'a montré comment on pouvait, par une adaptation, déduire les coefficients

thermiques de ceux qui régissent la flexion. Le travail a été repris très en détail par M. P. Chevenard. La méthode était, dans tous les cas, celle du pendule de torsion.

Pour l'étude du coefficient thermoélastique dans le cas de la flexion, l'instrument de choix est le chronomètre, dont l'obtention est aisée, le volume très réduit, et qui conduit immédiatement à un résultat utilisable dans la pratique. Le défaut est que, pour la réalisation et la mise en place du spiral, la coopération d'une main experte est une condition nécessaire du succès. J'eus, pour cette recherche, la précieuse collaboration d'un très habile régleur, Paul Perret, qui avait pris l'initiative de me la proposer tôt après mes premières publications sur l'invar; plus tard, les expériences ont été faites, sous ma direction, par les services techniques de la Société des fabriques de spiraux réunies.

Le spiral étant fait dans l'alliage à étudier, on le monte sur un balancier d'un métal connu, et l'ensemble constitue l'organe réglant du chronomètre.

Dans les changements thermiques de la durée d'oscillation du balancier actionné par le spiral, interviennent à la fois les dilatations et les variations du module de flexion.

Contrairement à une idée très répandue, la dilatation du spiral seul produirait une diminution de la durée d'oscillation, c'est-à-dire une avance de la montre au chaud, pour cette raison, que les changements des dimensions transversales interviennent quatre fois, et ceux de la longueur une seule fois dans l'établissement du moment élastique. La dilatation du balancier produit, de son côté, un retard de la montre au chaud, en conformité avec l'idée généralement admise. Dans le cas d'un spiral d'acier et d'un balancier de laiton, les effets de la dilatation s'annulent sensiblement entre eux. Mais une montre ainsi équipée retarde de 11 secondes par jour et par degré dont la température s'élève; ce retard est dû en presque totalité au changement thermique de la valeur du module, dont le coefficient est négatif.

Pour les alliages réversibles, les valeurs du coefficient thermoélastique, $\frac{dE}{d\theta}$, présentent une anomalie tout aussi singulière que celle de la dilatabilité. L'allure en est donnée par la courbe supérieure (Cr = o) de la figure 4. Partant d'une valeur négative, donc normale, le coefficient thermoélastique monte très rapidement en même temps que croît la teneur en nickel, franchit l'axe des valeurs nulles, monte encore, passe, dans la région de l'invar, par

un maximum accusé, puis redescend, pour rejoindre plus lentement la valeur propre au nickel. Ainsi, pour toute une catégorie d'alliages, le coefficient thermoélastique est positif; ces alliages, fléchis à la température ordinaire, tendent donc à se redresser lorsqu'on les chauffe.

Si, au lieu de représenter les variations thermiques du module d'Young, nous avions figuré celles du coefficient de déformabilité des alliages, le signe aurait été changé, et la courbe, partant de valeurs positives, aurait présenté un minimum. Alors, sa forme n'eût pas été très différente de celle des dilatabilités, et la communauté d'origine des deux anomalies serait apparue comme une évidence.

En raison de la basse limite élastique des métaux aux températures élevées, l'étude de leurs déformations de flexion y est très délicate. Mais l'application de la règle des états correspondants permet de présumer la courbe des changements du module. Le caractère général en est donné par la courbe 1, fig. 4ter, où le minimum et le maximum se rapportent aux deux points dans lesquels la courbe d'ensemble coupe l'axe des valeurs nulles; on retrouve, dans cette courbe, les régions AB, etc. . . ., déjà rencontrées dans l'étude des propriétés magnétiques et de la dilatabilité.

Alliages ternaires.

Les alliages dont les propriétés viennent d'être décrites ne sont pas des mélanges purs de fer et de nickel, exempts d'additions. Ce sont, en fait, des complexes, dans lesquels, seulement, les constituants principaux sont tout à fait prépondérants, puisqu'ils forment plus des 99 centièmes de la masse totale de l'alliage. Les additions sont voisines du minimum indispensable; mais on peut en augmenter la quantité jusqu'à une deuxième limite, et obtenir ainsi des alliages ternaires ou quaternaires proprement dits, dont il est intéressant de connaître les propriétés.

Indépendamment de l'intérêt de cette étude, considérée du point de vue physico-chimique, ces alliages peuvent posséder des propriétés les adaptant particulièrement à des problèmes pratiques. C'est ainsi qu'une suffisante addition de manganèse rend les alliages propres au moulage, tandis que le chrome ou le carbone, ou les deux ensemble, élèvent leur limite élastique, et les adaptent mieux à la confection des ressorts.

Mes études ont porté avec le plus de détails sur les alliages fer-nickel-manganèse, et elles ont été assez poussées, pour permettre l'exécution d'un réseau de courbes fig. 5 tracées suivant le principe des diagrammes triangulaire de Guthrie.

La première courbe est celle des alliages types, contenant 0,4 p. 100 de manganèse, les autres se rapportent aux centièmes entiers, de 1 à 8. On voit, dans ce diagramme à trois dimensions, le minimum se relever rapidement, en glissant vers les hautes teneurs en nickel.

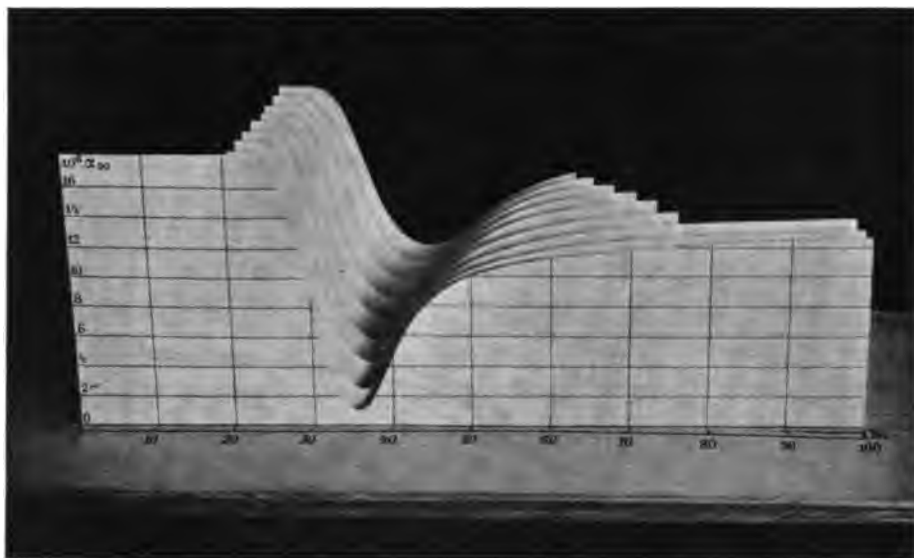


Fig. 5 — Diagramme triangulaire des alliages fer-nickel-manganèse.

Pour l'action du chrome, du cuivre et du carbone, les recherches, bien que moins étendues, ont cependant permis de tracer avec sécurité la marche du minimum, en ordonnées et en abscisses. Les deux diagrammes fig. 6 et 6bis

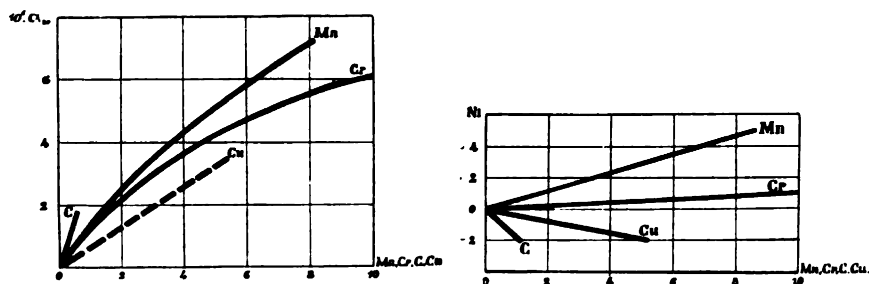


Fig. 6, 6bis. — Changements des ordonnées et de la position des abscisses du minimum pour les aciers au nickel contenant des additions variables de manganèse, chrome, cuivre, carbone.

représentent ce mouvement. En extrapolant légèrement la courbe des ordonnées pour le manganèse, on voit que sa présence dans l'alliage à dilatation minima dans la proportion de 10 p. 100 réduit l'anomalie de moitié environ.

Les courbes fig. 7 représentent les dilatabilités vraies à 20° pour les

teneurs limites du constituant additionnel. L'étude de leur action présentait un intérêt tout particulier, connexe d'un problème pratique dont je recherchais la solution. Il s'agissait essentiellement d'améliorer les conditions dans lesquelles on pouvait obtenir un alliage tel que son coefficient thermoélastique fût nul, alliage à module d'élasticité invariable, et que j'avais, par avance, désigné sous le nom d'*élinvar*, afin de préciser le programme de sa réalisation.

Les alliages binaires offrent bien une double solution du problème. Mais, d'une part, la courbe du coefficient thermoélastique coupe l'axe des

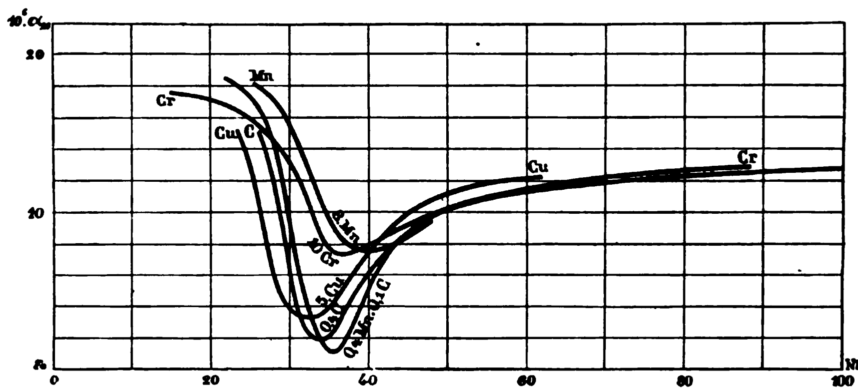


Fig. 7 — Dilatabilités vraies à 20° des aciers au nickel additionnés de manganèse, de chrome, de cuivre, de carbone, à la limite atteinte par les expériences.

valeurs nulles sous une incidence très rapide, de telle sorte que les plus petites erreurs de composition, et même les seuls défauts d'homogénéité de l'alliage, écartent de la propriété cherchée; d'autre part, la valeur nulle n'est pas autre chose que le minimum ou le maximum d'une courbe de variation, et cette valeur n'existe pratiquement que dans un faible intervalle de température.

Mais, si nous considérons le relèvement du minimum de la dilatabilité dans les alliages ternaires et l'analogie entre les anomalies élastique et de dilatabilité, nous pouvons être certains d'avance que l'on obtiendra, par des additions appropriées, une courbe des coefficients thermoélastiques tangente à l'axe des valeurs nulles, et, par conséquent, conduisant à une facile réalisation de l'élinvar. De plus, la règle des états correspondants montre que l'ensemble des valeurs du module pour un même alliage ne présentera plus ni maximum ni minimum, mais bien une inflexion, probablement très étendue, et voisine de l'horizontale.

Ces deux conditions sont indiquées dans la courbe inferieure (Cr = 12)

de la figure 4 et dans la courbe 2 de la figure 4ter (région C D); elles caractérisent l'élinvar.

Les expériences directes ont permis de fixer la quantité des additions qui conduisent à la réalisation de l'élinvar. Les conditions de limite élastique les ont fait rechercher surtout du côté des durcissants: chrome, tungstène, carbone. Les solutions existent en nombre infini, puisque, pour l'abaissement de l'anomalie, les additions se substituent l'une à l'autre d'une façon continue. Dans les expériences de torsion qu'il a poursuivies, M. Chevenard a trouvé l'élinvar vrai avec une addition de chrome de 12 p. 100, les autres corps accessoires étant maintenus près du minimum indispensable.

Changements progressifs ou passagers.

Les propriétés si remarquables que possèdent les aciers au nickel sont pleines de promesses pour la métrologie. Mais les espérances que l'on avait fondées sur leur emploi furent pendant longtemps limitées par un réel défaut qu'ils manifestent, et qui consiste dans une légère instabilité, révélée par des mesures précises de la longueur des barres en expérience, répétées dans le cours des années, ou effectuées après des traitements thermiques divers.

L'allure de ces changements se modifie d'un alliage à l'autre, et, pour bien la caractériser, il faut la décrire en la rapportant à un alliage particulier.

Une barre d'invar, par exemple, refroidie à l'air à partir de la température de la forge, et maintenue à la température ambiante, s'allonge dans le cours des années, d'abord assez rapidement, puis de plus en plus lentement, à tel point qu'au bout de vingt ans, des mesures très précises peuvent seules mettre indubitablement en évidence le changement qui se produit en une année.

Si le refroidissement avait été interrompu par un séjour à 100°, on aurait vu la barre s'allonger avec une rapidité incomparablement plus grande qu'aux températures ordinaires, et, au bout d'une centaine d'heures, le mouvement aurait à peu près cessé d'être perceptible. D'une façon générale, la rapidité du mouvement initial est une fonction exponentielle de la température, telle que, chaque fois que celle-ci s'élève de 20 degrés, la vitesse est multipliée par un coefficient voisin de 7. Ce mouvement obéit donc aux lois établies autrefois par Arrhenius.

Le mouvement étant pratiquement arrêté à 100°, il recommence lorsqu'on amène la barre à la température ordinaire, mais son amplitude est beau coup moindre qu'en l'absence d'une station intermédiaire. Si, au bout de

quelques mois ou de quelques années, on ramène la barre à 100°, on la voit se raccourcir rapidement, et reprendre la longueur qu'elle possédait à la fin de la première chauffe.

Ainsi, à chaque température, la longueur de la barre tend vers une valeur limite; entre 0° et 100°, ces valeurs se rangent suffisamment bien sur une courbe dont les ordonnées (négatives) sont proportionnelles au carré de la température, comptée à partir du zéro vulgaire. Cette règle se poursuit encore un peu au-delà de 100°, puis le taux du changement diminue, et, lorsque l'alliage passe à l'état non magnétique, il n'éprouve plus que de très faibles variations.

La différence entre les longueurs définitives de la barre, à 0° et 100°, est de l'ordre de 30 millionièmes pour l'invar type. Le premier allongement à 100°, après la température de la forge, possède approximativement la même valeur. Mais l'amplitude de ces changements est une fonction rapide de la teneur en nickel. Ainsi, lorsqu'on augmente cette teneur à partir de celle qui correspond à l'invar, on voit l'ampleur des changements diminuer rapidement, et s'annuler lorsque le nickel atteint 42 p. 100; puis le changement s'inverse, passe par un maximum négatif, et remonte ensuite, pour s'annuler sensiblement lorsque la teneur en nickel atteint 70 p. 100.

L'étude des alliages ternaires, poursuivie dans le domaine de l'instabilité, m'a conduit récemment à des constatations d'un grand intérêt.

J'ai trouvé successivement que la présence du manganèse et du chrome atténue l'instabilité, puis que celle du carbone l'augmente; et, par des expériences pour lesquelles la précision dans le dosage du carbone a été, par les soins des Aciéries d'Imphy, poussée à l'extrême, je pus établir que l'instabilité est proportionnelle au carbone, et qu'en conséquence, des alliages complètement décarburés seraient parfaitement stables.

Mais les alliages ferriques ne peuvent pas être rigoureusement débarrassés de leur carbone, et l'on pourrait penser que l'invar gardera toujours un léger reste d'instabilité.

Or la cause de cette instabilité m'est apparue comme probable dans les transformations de la cémentite (Fe^3C), composé qui se forme presque toujours lorsque le fer et le carbone se trouvent réunis, et qui éprouve, lui aussi, des transformations avec changement de volume.

La solution du problème de l'instabilité sera donc dans l'élimination de la cémentite. Le moyen est simple: il consiste à introduire dans l'alliage un constituant avide de carbone, tel que le chrome, le tungstène ou le vanadium.

La réduction du carbone au minimum possible produit un abaissement de la dilatabilité; le constituant supplémentaire la relève légèrement. La question est nouvelle, et les conditions les meilleures n'ont pas encore éte fixées, ni, surtout, réalisées. Mais déjà, on a pu obtenir des coulées d'alliages dont la dilatabilité restait celle d'un bon invar, et dont l'instabilité était réduite au dixième de celle de l'invar type.

Les changements lents des propriétés élastiques des alliages, connexes de ceux de leurs dimensions, n'ont pas été étudiés de façon systématique. Mais on peut être à peu près certain qu'ils obéissent à des lois analogues, en ce sens que tout accroissement du volume entraîne une diminution de la valeur du module. Le rapport des changements relatifs de ces deux propriétés, soit dans la transformation des alliages irréversibles, soit dans la seule dilatation des métaux ou alliages normaux, est d'un ordre de grandeur compris entre 20 et 30, c'est-à-dire qu'un accroissement des dimensions linéaires s'accompagne d'une diminution relative du module vingt à trente fois plus forte.

A défaut d'une investigation directe, on peut pressentir, avec un certain degré de probabilité, la forme des lois régissant les changements progressifs ou passagers des propriétés élastiques, et même l'ordre de grandeur de leurs paramètres.

Applications.

Les propriétés singulières des aciers au nickel permettent d'aborder, par des procédés entièrement nouveaux, la solution, généralement simple, de problèmes scientifiques ou techniques, considérée jusqu'ici comme difficile ou compliquée.

Les anomalies d'élasticité ou de dilatation, et même les transformations magnétiques de ces alliages, ont conduit à certaines applications qu'i. suffit d'énumérer pour les rendre immédiatement évidentes.

Ainsi, la présence, dans un circuit magnétique, d'une pièce faite en un alliage voisin de la perte du magnétisme, modifie rapidement, en fonction de la température, les propriétés de ce circuit. Si, par exemple, cette pièce est l'armature d'un aimant, l'attraction réciproque diminuera avec l'élévation de la température, jusqu'à s'annuler complètement. On peut donc faire, de ce circuit, un limiteur automatique de la température; il suffit, pour cela, de charger l'armature d'une fonction mécanique appropriée. On peut aussi constituer, avec le morceau d'alliage, une dérivation du champ magnétique, dont la valeur diminue en même temps que la température s'élève,

de telle sorte que le champ proprement dit tende à se renforcer. C'est en partant de cette idée que E. Meylan a réalisé, dans des appareils de mesure, la compensation thermique des variations du champ.

D'autre part, le long de la courbe des dilatabilités, on rencontre une région, voisine de 45 p. 100 Ni, dans laquelle les alliages successifs possèdent la dilatabilité de tous les verres usuels. Ces alliages pourront servir à réaliser des montures à serrage constant pour des pièces d'optique, ou encore des fils conducteurs de lampes à incandescence. Dans ce dernier cas, le fil, préalablement débarrassé, par une longue chauffe dans le vide, de la grande quantité de gaz qu'il contient, se soude bien au verre. Le *platinite* ainsi constitué s'est presque complètement substitué, pour cet usage, au platine, qui est ainsi libéré pour d'autres emplois. L'économie déjà réalisée de ce fait approche de cent millions de couronnes.

L'élinvar, de son côté, se prête à la réalisation des suspensions monofilaires, ou, avec une légère variation dans la composition, à celle de diapasons dont la période est indépendante de la température. Cette indication, que j'avais donnée en 1898, a été vérifiée, en 1912, par Félix Robin, qui a consacré, à l'étude de la thermoélasticité des aciers au nickel, un travail étendu.

Cette rapide énumération montre bien la diversité des problèmes à la solution desquels les aciers au nickel peuvent être associés.

Nous allons maintenant étudier avec détail des applications très élaborées, dont la méthode ou l'importance scientifique motivent un examen plus minutieux.

La mesure des longueurs.

Généralités. — Afin de déterminer les limites d'emploi des aciers au nickel dans l'établissement des appareils de mesure des longueurs, il est nécessaire de connaître celles de leurs propriétés auxquelles il devra être fait appel dans chaque cas particulier.

Ces alliages prennent un poli admirable; lorsqu'on n'est pas resté trop près de la limite inférieure du manganèse ou du carbone, ils sont généralement exempts de piqûres. Ils permettent des tracés d'une pureté parfaite. Ils sont peu oxydables, et supportent bien une station de quelques heures dans l'eau froide. On voit aussi, après un séjour de plusieurs années dans l'air humide, les surfaces polies conservées dans leur intégrité, ou recouvertes d'un très léger voile, que l'on fait disparaître simplement en les frottant doucement avec une peau sèche; en revanche, les vapeurs acides

attaquent assez rapidement les aciers au nickel, et il faut éviter avec soin leur action.

Il convient de dire, toutefois, que ce ne sont pas exactement les mêmes alliages qui conviennent à toutes les applications de l'invar à la mesure des longueurs. Celles-ci sont faites soit au moyen de règles, dont on observe, au microscope, les surfaces tracées, soit à d'aide de fils, librement suspendus, ainsi que nous le verrons bientôt. L'absence de piqûres est une qualite essentielle des métaux utilisés dans la confection des étalons tracés; la limite élastique élevée doit être cherchée pour la confection des fils. Dans le premier cas, on augmentera le manganèse, dans le second, on introduira un peu de chrome dans l'alliage. Le carbone serait utile pour l'une ou l'autre actions, mais nous avons vu qu'il est la cause de l'instabilité; il ne faut donc y recourir que le moins possible.

S'il est vrai, d'autre part, que les fils achevés doivent posséder une limite élastique élevée, leur confection exige, au contraire, une grande malléabilité. Ces propriétés semblent jusqu'à un certain point contradictoires. Pourtant, les alliages du type invar les réalisent, en ce sens, qu'à l'état recuit, ils subissent des allongements considérables, mais ils s'écrouissent rapidement lorsqu'ils sont déformés mécaniquement, de telle sorte que, si la longueur initiale d'un fil recuit a été doublée par le tréfilage, il peut subir d'assez grandes déformations élastiques.

L'instabilité que présentent les aciers au nickel impose, ainsi qu'il a été dit, une limite au domaine auquel on pourrait être dès l'abord tenté de les adapter. Mais, toutes les fois qu'un étalon de mesure construit, par exemple, en invar, est susceptible d'être, de temps à autre, rapporté à un étalon parfaitement stable, on peut, avec une sécurité presque complète, s'en servir comme d'un instrument d'interpolation; et l'avantage qui en résulte, dans tous les cas où la détermination de sa température est difficile ou incertaine, devient tout à fait prépondérant.

L'étude minutieuse qui a été faite des lois des changements qu'éprouvent l'invar et les alliages voisins a permis, dans le passé, de libérer les résultats de la plus grande partie des effets de ces changements. Et, pour l'avenir, la perspective de réalisation d'un invar parfaitement stable lève la plupart des objections que l'on pouvait opposer à l'emploi des alliages peu dilatables dans les mesures de très haute précision.

Bases géodésiques. — Tout réseau géodésique s'appuie sur une ou plusieurs bases, constituées chacune par une longueur limitée sur le terrain au moyen de termes fixes, dont la distance, aussi grande que le permettent

les circonstances, et généralement de l'ordre d'une dizaine de kilomètres, est mesurée avec toute la précision possible.

Or, la détermination de cette distance, faite en plein air, dans des conditions de température souvent mal définies, exige de minutieuses précautions, à l'élaboration desquelles les géodésiens ont voué, au cours du dernier siècle, des efforts soutenus. Pendant les trois premiers quarts du siècle, ils ont cherché surtout l'accroissement de la précision, sans grand souci du coût des opérations. Puis une réaction s'est dessinée; on a compris qu'il était plus avantageux, eu égard au partage du travail entre la mesure des longueurs et celle des angles, de multiplier les bases ou d'en augmenter l'étendue, en consentant un léger sacrifice sur la précision de leur mesure.

Rassemblant et codifiant des procédes épars, imaginant des procédés nouveaux et élaborant toute une technique, M. Edw. Jäderin a été principal artisan de cette réaction, d'où est issue une conception nouvelle de l'organisation des réseaux géodésiques.

L'instrument de mesure était, dans l'ancienne géodésie, la règle rigide (généralement de 4 mètres) accompagnée de microscopes, qui visaient ses traits limitatifs, de manière à fixer leur distance sur le terrain; puis, la règle étant déplacée de sa propre longueur, on repérait, par rapport au deuxième microscope, la position d'un troisième, et ainsi de suite. L'opération était précise, mais elle était coûteuse. Pour éviter l'action du rayonnement, on surmontait les instruments et les observateurs de baraques transportables. Les instruments eux-mêmes étaient lourds; leur placement sur le terrain exigeait quelques préparatifs; l'équipe complète nécessaire aux mesures était ainsi d'une soixantaine d'hommes, et, dans les journées où le travail marchait sans accrocs, on arrivait à mesurer cent portées, soit 400 mètres.

L'instrument de mesure proposé par M. Jäderin est un fil, que l'on tend, sous un effort constant, et qui sert à déterminer les distances relatives d'une série de repères légers, aisés à transporter et à mettre en place.

La longueur donnée au fil par M. Jäderin est normalement de 24 mètres, ce qui réduit au sixième le nombre des portées. Aucune préparation du terrain n'est plus nécessaire; on franchit, avec des fils plus longs au besoin, des ravins ou des rivières (le plus long fil employé jusqu'ici couvrait 168 m), et le tout avec 12 à 15 hommes: bref, avance dans des conditions bien plus économiques et à une tout autre allure que dans l'emploi de la règle et des microscopes.

La question de la température restait, naturellement, très délicate.

M. Jäderin avait vu, très justement, que le meilleur procédé pour la déterminer consistait dans l'application du principe adopté par Borda et Lavoisier, sous la forme d'une mesure successive de chacune des portées au moyen d'un fil d'acier et d'un fil de laiton, dont la différence donnait à chaque instant la commune température. Pourtant, la méthode élaborée avant la découverte de l'invar restait sensiblement moins précise que celle de la règle et des microscopes, car la valeur de la température demeurait incertaine; mais l'ensemble de l'opération se présentait déjà sous la forme rationnelle d'un bien meilleur équilibre entre le nombre des bases et celui des triangles.

Dès qu'il eut connaissance de l'existence de l'invar, M. Jäderin, occupé à la préparation de la mesure des bases dans l'Expédition suédo-russe du Spitzberg, me demanda de mettre à sa disposition le fil nécessaire. Je m'étais déjà préoccupé de la question, et avais fait préparer, aux Aciéries d'Imphy, des fils répondant aux besoins de la mesure des bases, et qui avaient servi à quelques expériences préliminaires; l'action de l'étirage sur la dilatabilité était déjà partiellement connue, et on put livrer à la Mission des fils pratiquement indilatables.

Le succès des mesures du Spitzberg, exécutées en 1899, fut tout à fait remarquable. Une lettre de M. Jäderin, datée de Treurenberg Bay, 13 septembre 1899, s'exprime, en effet, en ces termes:

« J'ai maintenant le plaisir de vous faire connaître que nos mesures de bases, faites cet été, ont pleinement réussi. Nous avons mesuré, à l'aller et au retour, une base de 10 024 mètres. Jusqu'ici, nous n'avons fait qu'un calcul provisoire, et il révèle un écart seulement de 19 mm. Nous n'avons tenu aucun compte de la dilatation des fils. »

Et la lettre se terminait par ces mots, qui, à travers leur infinie mélancolie, me parurent pleins d'un beau courage:

« Le dernier de nos bateaux part demain pour Stockholm, et nous resterons jusqu'en juin 1900 complètement séparés du monde. Une seule fois, le courrier nous est arrivé; une partie semble s'être perdue. »

Ce message, venu des confins du monde habitable, constitua, pour moi, le plus puissant et le plus précieux des encouragements. Nous poussâmes, M. Benoît et moi, nos propres expériences, et lorsque, un an plus tard, l'Association géodésique se réunit à Paris, tandis que les résultats exposés par la mission suédo-russe produisaient une énorme sensation, nous pûmes affirmer qu'une précision très élevée devait être atteinte par une élaboration encore plus complète de la méthode, à laquelle nous étions prêts à

nous vouer de toutes nos forces. L'Association émit un vœu dans ce sens, et le Comité qui exerce sur le Bureau international l'autorité permanente inscrivit définitivement ce travail à son programme.

Une base murale, aussitôt construite, a servi, depuis l'année 1901, à des études poursuivies dès lors sans interruption.

Les observations que nous avons exécutées depuis tantôt vingt ans se chiffrent aujourd'hui par centaines de mille. Mais notre labeur a été largement récompensé, car il a permis de définir les conditions dans lesquelles les fils d'invar, d'abord spécialement traités, puis déterminés au Bureau ou dans tout laboratoire d'étalonnage, peuvent être transportés enroulés jusque sur le terrain de la base, puis déroulés et utilisés sans que leur équation se soit modifiée.

L'emploi du fil d'invar, en débarrassant complètement les mesures des erreurs de température, augmentait notablement la précision de la méthode. Pour profiter de ce qu'elle pouvait donner, nous fûmes conduits, M. Benoît et moi, à constituer un matériel partiellement nouveau, grâce auquel on peut maintenant être assuré, dans la mesure de chaque portée, normalement de 24 mètres, de ne jamais commettre d'erreurs de l'ordre du cent-millième de la longueur mesurée. Conformément au principe de l'addition des erreurs, une longueur de 100 portées ne sera donc pas affectée, du fait des observations, d'erreurs de l'ordre du millionième.

De très nombreuses mesures de bases ont été effectuées, dans les récentes années, à l'aide du fil d'invar. Les contrôles obtenus soit par les déterminations faites à l'aller et au retour, soit par des mesures successives à l'aide de fils différents, ont montré que la précision du millionième est tout à fait courante. Comme le matériel est d'une installation très facile, on peut, maintenant, utiliser des terrains qui eussent été absolument impropres à l'emploi des anciens appareils, comportant des règles rigides et des microscopes. De plus, l'installation étant rapide et les portées longues, en même temps que le matériel est léger et aisément transportable, on a pu réduire à un cinquième environ le chiffre du personnel, et décupler la vitesse; un personnel bien exercé peut arriver à mesurer jusqu'à 5 kilomètres dans une journée. Ainsi, l'économie totale dans la mesure des bases est d'environ 98 p. 100.

La multiplication des bases et leur plus grande longueur réduit dans une forte proportion les conséquences des erreurs commises dans la mesure des angles, et l'on peut adoucir les exigences que l'ancienne géodésie était obligée de leur imposer; il en résulte une deuxième cause d'économie, que l'on ne saurait négliger.

Transmissions indilatables. — Au point de vue du principe, je resterai presque rigoureusement dans la donnée du problème qui vient d'être traité, en mentionnant la transmission à distance d'une longueur fixe, effectuée à l'aide d'un fil d'invar.

Les spécialisations en sont multiples. Dans les chemins de fer, par exemple, il existe de nombreuses transmissions entre une manœuvre effectuée dans un poste de commande et un mouvement reçu par un signal de voie. Or la dilatation des fils de commande dérègle la transmission, qui, dans une baisse un peu forte de la température, peut provoquer le fonc-

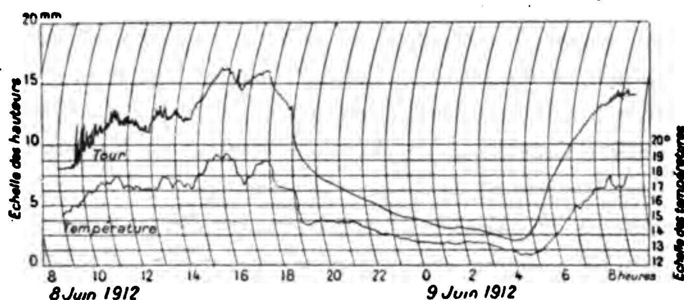


Fig. 8. Mouvement diurne de la Tour (une averse tombée à 19 heures a produit un brusque abaissement de la température).

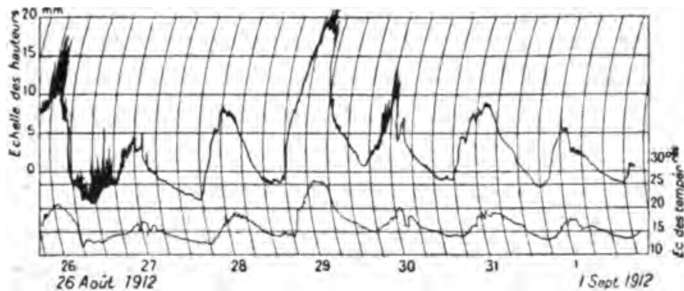


Fig. 9. Mouvements de la Tour dans le régime variable de l'été (semaine orageuse).

tionnement intempestif du signal, et, dans une hausse rapide, rendre la manœuvre complètement inefficace. Le fil d'invar a permis d'éviter ces inconvénients, et de parer aux dangers qui en résultent; cependant, leur emploi s'est peu répandu en raison du prix de l'alliage, considéré, sauf dans des cas spéciaux, comme prohibitif.

En revanche, une semblable limitation n'intervient pas dans les mesures de réception des ouvrages métalliques, où un fil, fixé par une extrémité à l'ouvrage même, transmet fidèlement ses mouvements à un appareil enregistreur.

L'étude, intéressante en elle-même, des mouvements verticaux de la Tour Eiffel, montre bien de quelle diversité d'applications cette donnée est susceptible.

Le fil d'invar a rendu cette opération extrêmement facile. Un tel fil, fixé par son extrémité inférieure à un piquet planté dans le sol, a été attaché, d'autre part, à un levier installé sur la deuxième plate-forme de la Tour, et qui actionnait un enregistreur; un amortisseur solidaire du levier obligeait ce dernier à revenir lentement dans la position que lui assignait le fil rectiligne, lorsque ce dernier avait été momentanément courbé par un coup de vent. L'expérience a montré que, quelle que soit la violence des mouvements de l'air, il se produit de temps en temps des moments d'accalmie, d'une durée suffisante pour permettre au levier d'arriver au repos. Ainsi, ses positions limites marquaient les mouvements vrais de la Tour, tandis qu'une sorte de chevelure, partant de la courbe-enveloppe, gardait la trace des coups de vent.

Les figures 8 et 9 donnent deux exemples des mouvements observés. La première a été obtenue avec un enregistreur à rotation diurne, l'autre avec un tambour hebdomadaire. Les courbes inférieures sont celles du thermographe.

A l'inspection des deux séries de courbes, on ne peut manquer d'être frappé de leur extraordinaire parallélisme, tel que chaque petit crochet de l'une se retrouve sur l'autre. Ainsi, la Tour Eiffel apparaît comme un gigantesque thermomètre, d'une grande sensibilité, malgré son énorme masse.

La mesure du temps.

Dès que les instruments servant à la mesure du temps eurent atteint une suffisante précision, l'action de la température sur leur marche devint manifeste, et on chercha à y parer, en les munissant d'organes dits compensateurs, dont l'efficacité a été montrée par un siècle et demi d'emploi, mais qui compliquent les mécanismes, déjà si délicats, des horloges et des montres.

Il a été fait, dans ce qui précède, une allusion aux causes de variation thermique de la marche de ces dernières; elles sont bien différentes de celles qui sont propres aux horloges, de telle sorte que les deux problèmes doivent être traités séparément.

Le pendule compensé des horloges. — Des diverses compensations imaginées pour annuler, dans le pendule des horloges, l'action de la température, la plus répandue de beaucoup était, il y a quelques années, celle de

Graham, utilisant la dilatation ascendante du mercure dans un vase suspendu à la tige, pour annuler les effets de la dilatation descendante de cette dernière.

Or on trouve, dans l'invar diversement traité, toutes les dilatabilités possibles entre deux limites voisines de zéro, et on peut, à son gré, associer, à la tige préalablement choisie, tel métal que l'on voudra, pour en faire une lentille, qui, posée sur l'écrou, corrigera, par sa dilatation ascendante, les allongements de la tige.

Les avantages sont multiples. En plus du fait de la présence, dans le système oscillant, d'un corps liquide, le pendule de Graham présente ce défaut, de n'être réellement compensé que si la température est la même du haut en bas de la cage de l'horloge, condition qui n'est suffisamment satisfaite que dans les bonnes installations.

On remarquera que, pour cette application particulière, l'instabilité de l'invar ordinaire est sans importance, puisque l'état d'une horloge doit être déterminé de temps en temps, de telle sorte qu'un changement lent de sa marche diurne n'entraîne aucune erreur dans la mesure du temps. Après quelques années de fonctionnement, ce changement sera réduit à deux ou trois centièmes de seconde par an.

Le spiral compensateur des montres. — Une montre munie d'un spiral d'acier et d'un balancier de laiton retarde, comme nous l'avons vu, de 11 secondes environ par degré et par jour, et la presque totalité de ce changement des marches est dû à la variation du module d'Young du métal dont est fait le spiral, laquelle impose aux montres un mécanisme correcteur.

Dans les « horloges marines » de Ferdinand Berthoud, ce mécanisme était constitué par une lame bimétallique, qui modifiait automatiquement la longueur active du spiral. En 1775, Arnold inventa le balancier compensateur, bientôt perfectionné par Earnshaw, et qui consiste en un bras diamétral, des deux extrémités duquel partent des lames semi-circulaires bimétalliques, acier à l'intérieur, laiton à l'extérieur, qui se recourbent vers l'axe lorsque la température s'élève, diminuant ainsi le moment d'inertie de l'ensemble, dans le rapport moyen du changement éprouvé par le module d'élasticité du spiral.

Si l'on substitue à l'acier du spiral un acier au nickel de composition telle que le maximum ou le minimum du module se produise aux températures ordinaires, la montre, munie d'un balancier monométallique, pourra posséder la même marche à deux températures situées de part et d'autre de l'ambiante, par exemple 0° et 30°, et passer, entre elles, par une avance

ou un retard, maximum à 15°. L'allure de la courbe est telle que le maximum d'avance (le retard se produit pour des alliages de limite élastique basse) sera de 20 à 25 secondes par jour par rapport à la marche aux températures extrêmes, quantité douze à quinze fois moindre que les écarts observés dans le cas du spiral d'acier. Ce gain a été considéré comme tellement important par les horlogers, que près de trois millions de montres sont munies annuellement du spiral dit compensateur.

La correction de l'erreur secondaire des chronomètres par le balancier intégral. — Le balancier d'Arnold et Earnshaw ne compense pas entièrement l'action de la température sur la marche des montres. Ferdinand Berthoud signala, en 1775, une « erreur secondaire », que Dent retrouva en 1832 pour le balancier, et qui consiste dans le fait qu'une montre munie d'un spiral d'acier, compensé par un balancier acier-laiton, avance de 2 à 3 secondes par jour à 15°, si ses marches sont correctes à 0° et à 30°.

De grands efforts ont été tentés en vue d'annuler l'erreur de Dent. Nous allons voir comment un emploi rationnel d'un acier au nickel a permis d'y parvenir très simplement.

La raison de l'erreur de Dent est dans le fait suivant: le module d'élasticité du spiral varie, en fonction de la température, suivant une courbe

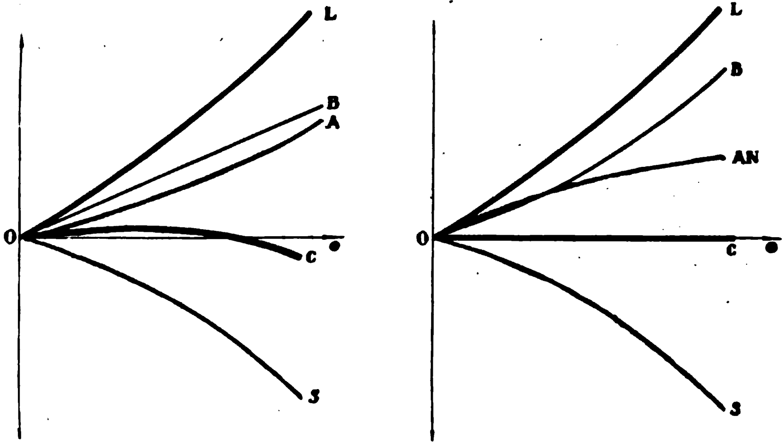


Fig. 10 et 10bis — Diagrammes montrant la cause de l'erreur secondaire des chronomètres et le principe de sa correction

OS à forte courbure (fig. 10). L'action du balancier, de son côté, est commandée par la différence des dilatabilités du laiton OL et de l'acier OA, exprimées par des fonctions dans lesquelles les coefficients β sont très approxativement les mêmes. Leur différence OB sera donc linéaire, et la somme algébrique de OS et OB, soit OC, laissera un résidu quadratique.

Substituons maintenant à OA une courbe OAN (fig. 10 bis), représentant la dilatabilité d'un acier au nickel à β négatif. La différence avec OL sera une courbe OB, que l'on pourra rendre symétrique de OS, et ainsi, obtenir une somme algébrique nulle en tous ses points.

J'ai exécuté, en 1899, les calculs de construction d'un tel balancier, dont la partie peu dilatable était constituée par un acier à 45 p. 100 Ni, et dès l'année 1900, deux chronométriers suisses, M. Paul-D. Nardin et M Paul Ditisheim réalisaient, par son moyen, la compensation complète aux températures.

Depuis lors, le nouveau balancier s'est substitué presque partout à l'ancien dans les chronomètres de précision. Les records de marche s'en sont trouvés déplacés, non seulement par le fait de la suppression de l'erreur secondaire, mais parce que, les chronomètres étant débarrassés de cette erreur, il devenait intéressant de chercher à corriger les défauts plus petits. En fait, les meilleurs chronomètres possèdent aujourd'hui des marches quatre à cinq fois plus serrées qu'il y a vingt ans.

La solution complète du problème de la compensation par le spiral élinvar. — Pendant plus de dix ans, je pensai que l'emploi des aciers au nickel avait apporté, au mécanisme de la compensation, tous les progrès de principe dont ils étaient capables. Mais, vers 1912, une faible lueur m'apparut d'une possibilité vers une solution peut-être ultime du problème de la compensation. Je venais d'entrevoir, par l'étude des alliages ternaires, la diminution simultanée de l'anomalie de dilatabilité et de thermoélasticité.

Une série d'expériences fut entreprise, dans le courant de l'année suivante, avec deux séries d'alliages, de teneurs en nickel variées, et additionnés de 5 et 10 p. 100 de chrome. Le maximum du coefficient thermoélastique dans cette seconde série était déjà très voisin de l'élinvar, et il suffit de modifier très peu la composition pour réaliser un alliage donnant des spiraux qui, associés à des balanciers monométalliques, assuraient, aux montres auxquelles ils étaient adaptés, des marches peu différentes aux diverses températures, et d'où l'erreur secondaire avait presque disparu. Le problème était donc très près de sa solution. Puis, après un temps d'arrêt, les expériences purent être reprises; elles ont conduit récemment à la réalisation de spiraux qui, associés à un balancier monométallique convenablement choisi, constituent un organe réglant presque totalement libéré des actions thermiques.

Cette solution, si simple, d'un problème depuis longtemps classique, est considérée comme révolutionnaire par les chronométriers les plus quali-

fiés. Toutefois, sa simplicité même, si l'on tient à la conserver, cache encore un léger défaut.

Le propre et l'immense avantage de la nouvelle combinaison est de conduire du premier coup très près de la perfection, par l'association d'un spiral doué d'un coefficient thermoélastique très faible et constant, avec un balancier de dilatabilité appropriée. S'il s'agit de fabrications industrielles, on adaptera aussi bien que possible le métal du balancier aux exigences du spiral; et, pour cela, l'intervalle de dilatation compris entre l'invar et le laiton offre de nombreuses ressources. Mais, la combinaison étant trouvée, elle n'est pas, au moins sous sa forme immédiate, susceptible de ces retouches progressives et minutieuses, qui font, du travail du régleur, un art à la fois si délicat et si passionnant.

Pour ramener immédiatement à ses limites la portée de cette réserve, il convient de dire que, actuellement déjà, on réalise très couramment la combinaison d'un spiral et d'un balancier monométallique dont l'erreur thermique est inférieure au centième de celle qui résulterait de l'emploi d'un spiral d'acier.

Tel est l'état présent de la question; tandis que le spiral compensateur restait limité, dans son usage, aux montres ordinaires, il gagne maintenant le domaine des montres de précision; seul, aujourd'hui, lui reste encore fermé l'accès de la haute chronométrie. Mais il vient de naître, et il serait téméraire de penser qu'il ait atteint, du premier coup, toute la perfection dont il est susceptible.

La simplicité du nouveau mécanisme compensateur entraîne de multiples avantages. Les lames bimétalliques inquiètent toujours un peu les régleurs, qui y voient une cause possible d'instabilité; leurs déformations par la force centrifuge obligent à assurer, par des retouches de la forme du spiral, l'isochronisme des grands et petits arcs; enfin, la forme rectangulaire et la présence des vis réglantes sont la cause d'un entraînement de l'air, qui donne naissance à un « coefficient barométrique », dont la valeur est assez élevée pour que, dans l'état présent de la chronométrie, les changements de la pression atmosphérique constituent, dans certaines circonstances, la cause essentielle de variation des marches. Il est aisé, en revanche, de donner, à la section d'un balancier monométallique, une forme fuselée, réduisant autant que possible l'entraînement de l'air. Ces diverses raisons accroissent les avantages relatifs du nouveau spiral, et autoriseraient une réduction à l'égard des exigences imposées aux dernières limites de la compensation.

Conclusion.

Jetons maintenant un regard en arrière, et retournons jusqu'aux origines des études dont les résultats viennent d'être exposés. Il s'agissait essentiellement de rechercher un métal possédant des qualités qui permissent d'en constituer des étalons de longueur d'un prix peu élevé, et offrant, cependant, de suffisantes garanties métrologiques. Une première solution avait été trouvée, à laquelle il ne restait que peu à ajouter; et c'est en cherchant ce petit perfectionnement qu'a été découverte une anomalie insoupçonnée, manifestation directe de la lutte engagée entre les divers états du fer, à laquelle l'association du nickel donne une forme inattendue, créant une classe d'alliages dont les propriétés, uniques jusqu'ici, répondent de façon tout à fait inespérée aux désirs qu'auraient formulés les métrologistes, s'il n'avait été admis que de semblables propriétés ne sauraient exister dans des corps métalliques.

Puis, le problème s'est élargi: de la mesure des longueurs, seule inscrite au programme primitif, la mesure du temps a surgi d'elle-même, comme une conséquence directe et en quelque sorte évidente, tant il est vrai qu'en métrologie tout est lié, et qu'une mesure faite avec soin comporte toujours des généralisations.

La recherche, dans son ensemble, a exigé la collaboration constante d'une usine et d'un laboratoire; le grand avantage d'une semblable coopération est, aujourd'hui, de notion courante, et il serait superflu d'y insister, si ce n'était pour en relever un élément particulier.

Lorsque, au cours du printemps 1896, la Société de Commentry-Fourchambault & Decazeville accepta de seconder une recherche qui, à défaut de son intervention, en fût restée à ses premiers débuts, elle le faisait sans que, dans l'esprit de ses dirigeants, il en pût résulter pour elle-même plus que la satisfaction d'une aide efficace donnée à un travail d'exploration scientifique. Mais l'examen minutieux auquel les alliages ont été soumis, les exigences sans cesse accrues imposées à l'Aciérie, tant pour les compositions que pour les traitements, ont conduit à créer, dans le domaine exploré ensemble, une sorte de métallurgie de précision, dont la suite a été la création de produits considérés, il y a peu d'années, comme irréalisables.

C'est là une conséquence nouvelle et inattendue de ce que peuvent les mesures de précision. Exigeant de ceux qui s'y adonnent un effort toujours soutenu et parfois pénible, la recherche dans le domaine de la

mesure précise ne saurait être longtemps poursuivie sans qu'un idéal de perfection la guide et l'éclaire. Pour le chercheur lui-même, cet idéal, animé par la foi dans l'utilité, même lointaine, de tout effort désintéressé, est le soutien de tous les instants, le conseiller de toutes les initiatives.

La sanction suprême que vous venez de donner à mes travaux illumine un labeur qui s'étend sur un quart de siècle; et, pour cela, je me sens pressé d'adresser, ici même, aux membres illustres du Comité Nobel et de l'Académie des sciences de Suède, ainsi qu'à la mémoire d'Alfred Nobel, l'expression de ma profonde gratitude. De génération en génération, les miens, après moi, contempleront avec fierté le magnifique diplôme et la médaille Nobel, précieux témoignages de votre bienveillance et de votre estime. Mais aussi, je vous exprime ma reconnaissance au nom du Bureau international auquel j'appartiens depuis trente-sept ans, et dont l'existence reflète en ce moment les bouleversements dont le monde est le siège; puis pour la Métrologie, sur laquelle l'attribution d'un prix Nobel jette un vif éclat, bien propre à susciter des vocations; enfin pour les deux pays auxquels s'est attachée mon existence: la Suisse, dont je suis un citoyen, et que j'ai quittée armé pour la vie, la France, où j'ai connu tant de précieuses amitiés.

BIDRAG TIL KAPILLÆRERNES FYSIOLOGI.

Nobelforedrag, avholdt den 11 dec. 1920 i Svenska Läkaresällskapets hörsal i Stockholm,

av

Professor AUGUST KROGH.

C:a 50 aar efter at det i begyndelsen af det 17 aarhundrede var lykkedes Harvey at paavise, at blodet i organismen foretager et stadigt kredsløb, strømmer fra hjertet ud gennem arterier til alle forskellige organer og tilbage gennem vener, fandt Malpighi og omtrent samtidig Leuvenhoeck at forbindelsen mellem arteriernes og venernes fineste grene ikke dannedes af tilfældige hulrum i organerne men af et netværk af yderst fine, kun under mikroskopet synlige kar: Kapillærerne. Disse har altsaa været kendt i omkring 250 aar, og man har omtrent fra første færd været paa det rene med at de i en vis forstand er det allervigtigste element i hele kredsløbssystemet. Igennem deres vægge foregaar al udvexling af næringsstoffer og affaldsstoffer, af ilt og kulsyre mellem blodet og organerne, i dem udfører blodet sin virkelige funktion, det er for deres skyld, kunde man sige, at hele kredsløbsapparatet existerer. Saa meget mere mærkeligt er det, at deres fysiologiske forhold kun har været studeret i temmelig ringe udstrækning og endnu er forholdsvis lidet kendt, saa lidet kendt i virkeligheden, at det har været muligt for mig at gøre nye iagttagelser blot ved at betragte dem taalmodigt under mikroskopet og pirre lidt til dem med fine naale.

Jeg tror at jeg lettest vil kunne fremstille resultaterne af mine undersøgelser paa dette omraade ved at opstille og behandle problemerne i den orden hvori de viste sig for mig, og jeg maa da begynde med at omtale musklernes forsyning med ilt. I en muskel forløber kapillærerne som figur 1 viser paa langs ad muskeltraadene og ilten i blodet maa diffundere gennem kapillærernes vægge ind i muskelsubstansen.

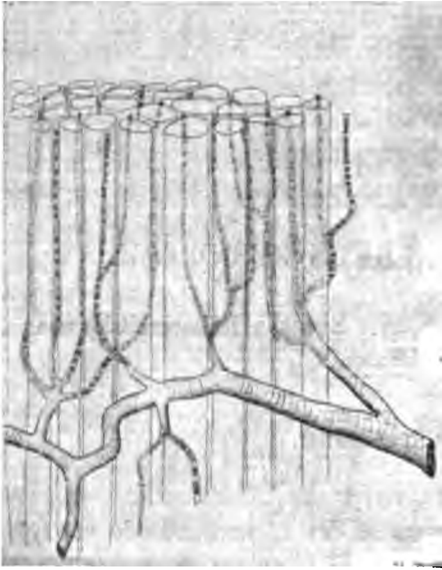


Fig. 1. Et lille stykke af en muskel med en arteriegren og kapillærer. Skematisk.

Ved at sammenholde forskellige undersøgelser dels af Verzàr, dels af Lindhard og mig selv over iltforbruget i muskler og dets afhængighed, dels af ilttrykket i blodet dels af muskelarbejde, kom jeg i 1915 til det resultat, at der enten maatte findes meget alvorlige fejl i de paagældende undersøgelser, eller ogsaa maatte kredsløbet i muskelkapillærerne foregaa paa en ganske anden maade end man sædvanlig forestillede sig. Den sædvanlige forestilling er den, som figur 1 illustrerer. Alle kapillærer er aabne og omtrent lige vide, saa at blodet strømmer med omtrent samme hastighed gennem dem alle. En regulering af denne hastighed tænkes at komme istand derved, at de smaa arterier, der fører blodet til kapillærerne, trækker sig mere eller mindre sammen. Er de snævre og gør stor modstand kommer blodet til at flyde langsomt gennem alle kapillærerne. Vider de sig ud forøges blodstrømmen meget stærkt, saaledes som det vides at ske under muskelarbejde.

Den antagelse, som jeg blev tvungen til at gøre for at faa sammenhæng mellem de foreliggende undersøgelsesresultater, var nu den, at blodet i en hvilende muskel ikke kunde løbe gennem alle kapillærer, men kun gennem et mindre antal, der tilmed maatte være idetmindste nogenlunde regelmæssig fordelt i muskelmassen, saaledes som det fremgaar af den ganske skematiske figur 2 af kapillærerne i et muskeltværsnit. Denne antagelse var for saa vidt meget dristig, som den med nødvendighed medførte, at kapillærerne ikke, som man hidtil næsten fra alle sider gik ud fra, kunde være ledninger, der rent passivt lod blodet passere, og hvis vidde bestemtes af trykket i dem, men maatte have selvstændig kontraktilitet. Det var derfor nødvendigt at prøve

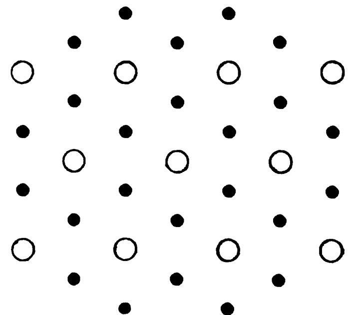


Fig. 2. Aabne ○ og lukkede ● kapillærer i et muskeltværsnit.

denne antagelse experimentelt, før man kunde tillægge den nogensomhelst vægt.

Ved direkte iagttagelse under mikroskopet af levende muskler dels hos frøer dels hos smaa pattedyr lykkedes det forholdsvis let at konstatere, at antallet af synlige kapillærer, hvilket vil sige det samme som antallet af kapillærer gennem hvilke der strømmer blod, var temmelig ringe i hvilende muskler og kunde tiltage ganske overordentligt, naar musklen havde arbejdet i nogle sekunder, men det andet vigtige spørgsmaal, om de aabne kapillærer var nogenlunde regelmæssig fordelt, eller de maaske blev blodtomme



Fig. 3. Injektionspræparat fra mavevæggen af frø. $\frac{38}{1}$.



Fig. 4. Tværsnit fra m. gastrocnemius hos hest. Injektionspræparat. $\frac{120}{1}$.

gruppevis, naar den arteriegren, der forsynede gruppen, lukkede sig, var ikke saa lige til at løse.

Her maatte jeg begynde med at foretage tællinger af kapillærerne. Naar man ved indsprøjtning har fyldt karsystemet med en stærktfarvet vædske, der siden stivner, kan man fremstille præparater, der viser de fyldte kar med meget stor tydelighed. Fig. 3 viser saaledes et meget groft kapillærnet fra mavesækken af en frø. Fig. 4 er et muskeltværsnit fra en hest, ca $^1/_2$ mm i diameter, hvor de enkelte kapillærer viser sig som smaa sorte prikker mellem muskeltraadene, og paa et saadant præparat kan man ligefrem tælle hvormange kapillærer der findes paa et tværsnitsareal af given størrelse, f. ex. en kvadratmillimeter. De tællinger jeg har udført viser nu, at antallet er temmelig forskelligt hos forskellige dyr, forholdsvis lavt hos koldblodede, højt hos varmblodede, særlig de smaa, hvor der f. ex. hos et marsvin findes ca 3 000 paa hver kvadratmillimeter, d. v. s. paa et tværsnitsareal lidt større end hovedet af en knappenaal. Da hvert kapillær kun



Fig. 5. Længdesnit af m. sartorius hos frø. Vitalinjektion. $^{100}/_{1}$.

er gennemsnitlig ca $^1/_2$ mm langt, bliver det samlede antal kapillærer i en større organisme som menneskets næsten ufattelig stort, og man kan f. ex. beregne, at hvis alle kapillærerne i et voxent menneske dannede et sammenhængende rør vilde dette kunne naa mindst to gange rundt om jorden.

For nu at faa oplysning om, hvilke af disse mange kapillærer paa et givet tidspunkt var aabne og hvilke lukkede i levende organer, lod jeg en opslemning af mikroskopiske sorte partikler (tusch viste sig at være bedst egnet) løbe ind i en vene paa et levende dyr og fordele sig i blodet. Naar dyret straks efter blev dræbt maatte man finde tusch i de kapillærer, der havde været aabne paa det givne tidspunkt, medens de andre ikke vilde være synlige. Fig. 5 viser et præparat af en frømuskel, der har arbejdet umiddelbart før tuschen strømmede ind, og hvor derfor talrige kapillærer er aabne. Man ser paa flere steder tydeligt de ufarvede blodlegemer afgrænsede af det sorte tuschfarvede blodplasma. Forskellen mellem arbejdende og hvilende muskler traadte i saadanne præparater overmaade tydeligt frem, og det viste sig, at hvad enten de aabne kapillærer var faa eller mange, var deres fordeling altid nogenlunde regelmæssig. Fig. 6 viser optiske tværsnit af et lille areal, ca $^1/_{80}$ mm^2, af tre forskellige muskler hos samme marsvin. I det øverste snit er der kun 3 synlige kapillærer (ialt 200 pr kvadratmillimeter.) I det nederste, der er fra en aandedrætsmuskel, som har arbejdet lige til dyret blev dræbt, fandtes der 2 500 aabne kapillærer pr kvadratmm, eller med andre ord næsten alle de existerende kapillærer var i brug. Figuren viser endvidere,

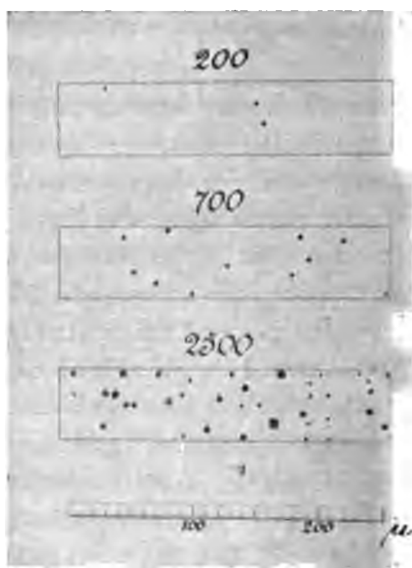


Fig. 6. Vitalinjektionspræparater af muskler hos marsvin. Optiske tværsnit.

at der er meget stor forskel paa de aabne kapillærers vidde. I hvilende muskler er de alle meget snævre, men i arbejdende er en del af dem temmelig vide. Sammenligning med maalestokken, der er i tusindedels mm, viser at diameteren kan gaa helt ned til 2—3 tusindedele. Det er forbavsende at blodlegemer, der er runde skiver af 7 μ diameter og 2 μ tykkelse kan passere gennem saa snævre kanaler, men som fig. 7 viser kan det kun lade sig gøre, idet de enten rulles sammen eller ligefrem presses ud til lange pølser.

Det fremgaar med tydelighed af de undersøgelser jeg nu har givet et kort referat af, at kapillærerne ihvertfald i muskler maa være selvstændigt kontraktile, at der med andre ord maa findes en særlig kapillæromotorisk mekanisme, hvorved kapillærernes vidde reguleres, men konstateringen af dette faktum rejser en hel række af nye spørgsmaal: Er kapillærernes variationer i diameter uafhængig af arteriernes eller følges de ad? Paa hvilken maade kan kapillærer paavirkes, kemisk, elektrisk eller mekanisk? Staar de under indflydelse af nerver og i saa fald af hvilke? Kan kontraktile elementer histologisk paavises i deres vægge? o. s. v. Med disse og andre herhenhørende spørgsmaal har jeg været beskæftiget i det sidste par aar; undersøgelserne er i fuld gang for øjeblikket, og der synes at være meget langt igen, saa at jeg kunde fristes til at anvende det billede, som min store landsmand Nicolaus Steno brugte i et af sine arbejder, at tvivlsmaalene var som den Lernæiske hydras hoveder: Hver gang et er afhugget voxer der en mængde nye frem. Over et saadant arbejde som man staar midt i, og hvor arbejdshypoteserne stadig er underkastet forandringer, er det meget vanskeligt at give et sammentrængt referat, og jeg maa indskrænke mig til nogle exempler paa det, som jeg mener der er naaet, og antydninger af ting som jeg haaber at kunne naa.

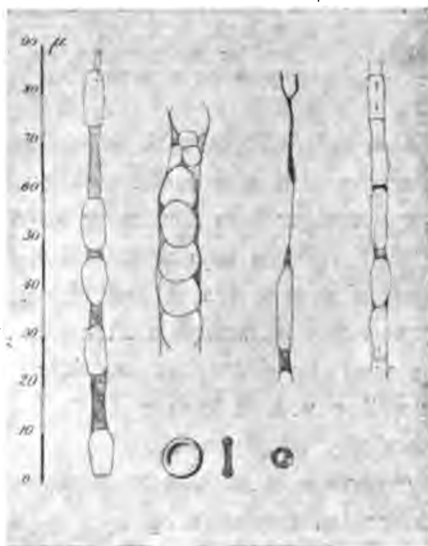
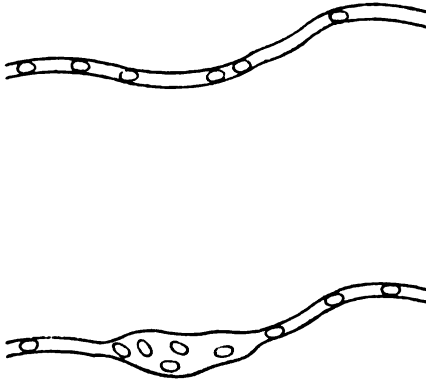


Fig. 7. Forskellige kapillærer fra muskler hos marsvin. Vitalinjektion.

Jeg har først paa frøtungen søgt at løse spørgsmaalet om kapillærforandringer uafhængigt af arterierne. Naar tungen af en frø udspiles over


Fig. 8. Et kapillær fra frøtungen før og efter paavirkning af uretan.

en glasplade er den et særlig gunstigt objekt. Den er gennemsigtig og der findes paa den ene side en glat slimhinde med et meget vidmasket kapillærnet, hvor de enkelte kapillærer er let tilgængelige for paavirkning, og hvor ogsaa saavel de smaa arterier som vener direkte kan iagttages. Saa længe tungen ikke paavirkes er det langt overvejende antal af disse kapillærer lukkede og tungen yderst bleg og blodfattig. Det er velbekendt at mekanisk paavirkning af menneskets hud, f. ex. rids med en naal, fremkalder en rød stribe, der skyldes blodfylde af karrene. En tilsvarende reaktion kan yderst let fremkaldes paa frøtungen, og foretager man den under mikroskop kan man vise, at det i første linie drejer sig om kapillærudvidelse, og man kan bringe et enkelt kapillær eller del af et kapillær til udvidelse. Fig. 8 viser saaledes et kapillær dels i upaavirket tilstand dels efter at der er kradset lidt paa midten af det. Fig. 9 viser hvorledes det endvidere er muligt at finde et fuldstændig lukket kapillær ved at kradse forsigtigt langs en lille venegren (v). Blod løber ind fra venen og fylder et stykke af kapillæret, men kommer ikke i strømning. Ved at kradse videre kan man faa kapillæret fyldt stykke for stykke, indtil der opnaas forbindelse med et aabent kapillær eller arterie, hvorefter der pludselig kommer strøm. Dette forsøg er vigtigt, fordi det viser at det ganske lave venetryk er tilstrækkeligt til

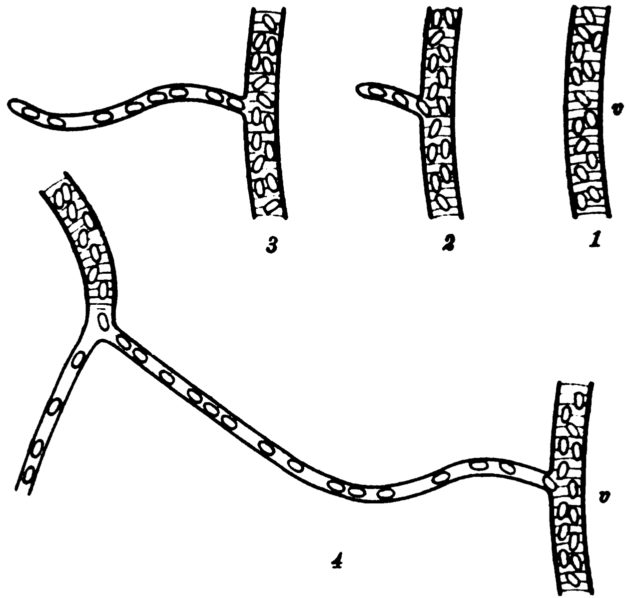


Fig. 9. Virkning af gentagen mekanisk irritation paa frøtungen.

at fylde kapillærer hvis vægge er slappede, medens det høje arterietryk ikke kan tiltvinge sig adgang til et kontraheret kapillær.

Dette forhold er af stor teoretisk og praktisk betydning. Man kan slutte deraf og af flere tilsvarende kendsgerninger, at naar en nogenlunde betydelig kapillærudvidelse kommer istand, saa kan det ikke skyldes en simpel stigning af det arterielle blodtryk, men maa bero paa en forandring i kapillærvæggenes tilstand — en afslappelse af deres kontraktile elementer. Arterieudvidelse alene fører kun til et højere tryk i kapillærerne og en hurtigere blodstrøm igennem dem. Et organs mere eller mindre røde farve afhænger i første linie af kapillærernes blodfylde, og man har altsaa lov til at slutte at i alle saadanne tilfælde hvor der er udpræget rødme har vi med udvidede kapillærer at gøre, men hvorvidt arterierne samtidig er udvidede og trykket i kapillærerne altsaa højt kan kun en nærmere undersøgelse give oplysning om. Kapillærerne i menneskets hud bliver f. ex. udvidede ved stærk varme, ved paavirkning af stærkt lys og ved forskellige sindsbevægelser, medens afkøling indtil en vis grad og en nedtrykt sindsstemning medfører kontraherede kapillærer. Den nærmere mekanisme ved disse reaktioner er endnu ikke studeret. Ved forskellige kemiske stoffer kan kapillærer bringes til at udvide sig, og f. ex. virker uretan i temmelig stærk opløsning meget stærkt dilaterende paa frøtungens kapillærer medens det ingen virkning har paa arterier. Man kan med uretan fremkalde billeder som fig. 10, hvor der fra den ganske snævre arterie pumpes blod ind i kapillæret, der udvider sig mere og mere og beholder alt hvad det modtager af blodlegemer. Kapillærvæggen bliver ved en saa voldsom udvidelse gennemtrængelig for blodplasma, saa at kapillæret tilsidst er fyldt med en fast masse af blodlegemer alene. Denne iagttagelse er af ikke ringe betydning for ødemproblemet og bliver for tiden nærmere bearbejdet af min medarbejder dr Harrop, idet der gøres forsøg paa at bestemme størrelsen af de aabninger som fremkommer i kapillærvæggen. Der indføres passende substanser i blodet gennem en vene. En gruppe kapillærer i frøtungen bringes til at udvide sig, og det iagttages om stoffet træder ud gennem

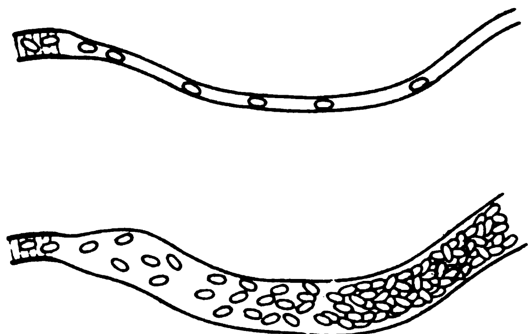


Fig. 10. Et kapillær fra frøtungen før og efter mekanisk irritation.

kapillærvæggene. Ved forsøg med det kolloidale farvestof vitalrødt viste der sig efter uretantilsætning en fin rød stribe langs de udvidede kapillærer. Ved forsøg med tusch, hvis partikler ligger paa grænsen af det mikroskopisk synlige, viste de udvidede kapillærer sig tætte for dette stof. Vi har ligeledes fundet at molekulerne af stivelse kan passere igennem.

En tilsvarende reaktion til uretanudvidelsen i frøens tunge kendes fra menneskets hud, naar den ved stærk afkøling bliver rødblaa. Vi har da ogsaa stærkt udvidede kapillærer og snævre arterier, saa at blodstrømmen bliver meget langsom og en væsentlig del af blodets ilt opbruges under passagen; deraf den blaalige farve. Denne reaktion er tillige med mange andre vasomotoriske reaktioner i menneskets hud studeret indgaaende af Ebbecke, der har beskrevet dem samtidig med at mine kapillærundersøgelser paabegyndtes, og draget en række vigtige slutninger af sine forsøg og iagttagelser. Det er mig særlig magtpaaliggende udtrykkelig at fremhæve Ebbeckes værdifulde arbejde, fordi jeg i mine første meddelelser ikke har været opmærksom paa dets existens.

Der findes et meget stort antal stoffer som fremkalder kapillærdilatation og ved stærkere virkning ødem. Jeg behøver saaledes blot at minde om de betændelsesfremkaldende stoffer. I denne forbindelse maa jeg fremhæve histamin, som Dale i en meget smuk undersøgelse har vist virker kapillærdilaterende hos forskellige pattedyr. Overfor frøers kapillærer er histamin ganske virkningsløst, og dette forhold illustrerer paa slaaende maade den kendsgerning, at kapillærer ingenlunde viser de samme reaktioner overalt. Selv hos det samme dyr er der meget store forskelle, hvad der naturligvis i høj grad komplicerer studiet og forøger dets interesse.

Jeg har indgaaende undersøgt forholdene i frøens hud og svømmehud. Kapillærsystemet her er ganske forskelligt fra tungens. Kapillærnettet er meget tæt og de fleste kapillærer altid aabne omend snævre. De paavirkes kun svagt af kemiske reagenser, der fremkalder stærk udvidelse i tungen, og medens de ved meget svag mekanisk irritation kan bringes til at udvide sig noget, vil de i reglen trække sig sammen naar paavirkningen er stærkere. Dette er af interesse, for saa vidt som det ikke lykkedes at finde nogen paavirkning, der kunde bringe tungens kapillærer til kontraktion.

Jeg betegner som kapillærernes *tonus* det forhold, at de overladt til sig selv kontraherer sig mere eller mindre stærkt og holder sig kontraherede. I frøtungen er kapillærernes tonus overordentlig stærkt udviklet, idet langt de fleste er totalt kontraherede, i svømmehuden er den langt svagere, idet kapillærer kun undtagelsesvis er helt lukkede; de fleste muskelkapillærer

indtager en mellemstilling. Det kan meget let vises, at blodstrømmen er en betingelse for opretholdelse af tonus, men at afhængigheden af blodet er yderst forskellig. Standser man blodtilførslen f. ex. til svømmehuden i 10—20 minutter vil alle kapillærer udvide sig meget stærkt, saa snart blodet igen faar adgang. De slappes altsaa meget hastigt, naar der ikke stadig strømmer nyt blod igennem dem. Gør man det samme forsøg med tungen behøves der mange timer for at fremkalde en tydelig virkning, og selv en yderst svag blodforsyning er tilstrækkelig til at opretholde tonus. Det har længe været kendt og benyttet i terapeutisk øjemed at spærring af blodtilførsel betinger stærk hyperæmi naar blodet igen faar adgang, og man har antaget, at den forandring af stofskiftet som skyldes iltmangel og som fører til dannelsen af surt reagerende stoffer var den virkende aarsag. Denne forklaring er ihvertfald for de af mig undersøgte organers vedkommende ganske falsk. De faar al den ilt de behøver fra luften, og vi har desuden fundet at der udkræves langt højere surhedsgrader end der nogensinde forekommer i vævene til at bringe selv tungens følsomme kapillærer til at udvide sig. Forklaringen maa søges et helt andet sted. Blodet maa indeholde et stof som paavirker de kontraktile elementer i kapillærernes vægge og stimulerer dem til kontraktion. At eftersøge og om muligt isolere dette stof er en af de opgaver som i nær fremtid skal tages op.

Tilstedeværelsen af et saadant stof i blodet betinger en overordentlig fuldkommen regulationsmekanisme, hvorved blodet under den største økonomi bliver ganske regelmæssig fordelt. Hvis et kapillær har været spærret for blod en vis tid, vil dets tonus slappes, og blod vil strømme igennem til det paany kan lukke sig. De aabne kapillærer i tungen eller i en muskel vil altsaa bestandig skifte plads. Det vævselement, der i et givet øjeblik ligger langt fra et aabent kapillær og saaledes bliver daarlig forsynet, vil noget senere faa blodstrømmen forbi i umiddelbar nærhed. Intet parti af vævet bliver forfordelt, og der økonomiseres til det yderste med blodet.

Tiden tillader ikke at jeg gaar ind paa kapillærernes innervationsforhold, der frembyder mange interessante træk men endnu mangler meget i fuldstændig opklaring. Ogsaa om den histologiske paavisning af de kontraktile elementer maa jeg fatte mig i største korthed. Der arbejdes med dette spørgsmaal af min medarbejder dr Vimtrup, hvem det er lykkedes at iagttage grenede celler der omfatter kapillærerne, saaledes som det allerede i 70-aarene blev beskrevet af Rouget. Absolut sikre resultater er dog endnu ikke opnaaet. Jeg mener at have sagt tilstrækkeligt til at vise Dem at de undersøgelser, jeg har gjort rede for, drejer sig om betydningsfulde pro-

blemer, og at der vil kræves et stort og i mange henseender vanskeligt arbejde for at bringe dem til en tilfredsstillende løsning. Til at gennemføre dette arbejde er den overordentlige æresbevisning der er ydet mig ved tildelingen af nobelprisen den kraftigste opmuntring og spore, ligesom ogsaa prisens beløb vil skaffe mig mange lettelser og megen værdifuld hjælp i arbejdet. Jeg beder Dem være forvisset om at jeg vil gøre alt hvad der staar i min magt for at vise mig den tillid værdig som Karolinska Institutet har vist mig.

Pris 20 kronor.

STOCKHOLM 1922. KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER. 213167


VE
RI
TAS